Ano 2022

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS VISANDO A SUA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

ORGANIZADORES
MARCELO CAMPOS SÉRGIO CAMPOS AMANDA CAMPOS

Ano 2022

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS VISANDO A SUA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

ORGANIZADORES
MARCELO CAMPOS SÉRGIO CAMPOS AMANDA CAMPOS

CIÊNCIAS
AGRÁRIAS

Atena
Editora
Ano 2022

Geotecnologias aplicadas em bacias hidrográficas visando a sua recuperação ambiental

Diagramação: Gabriel Motomu Teshima
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Marcelo Campos
Sérgio Campos
Amanda Campos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G352 Geotecnologias aplicadas em bacias hidrográficas visando a sua recuperação ambiental / Organizadores Marcelo Campos, Sérgio Campos, Amanda Campos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-899-8
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.998221702

1. Bacias hidrográficas - Manejo. 2. Desenvolvimento de recursos hídricos - Aspectos ambientais. 3. Recursos naturais. 4. Geoprocessamento. I. Campos, Marcelo (Organizador). II. Campos, Sérgio (Organizador). III. Campos, Amanda (Organizadora). IV. Título.

CDD 333.9162

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

PREFÁCIO

O livro "**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS VISANDO A SUA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**" é uma coletânea de trabalhos resultante de pesquisas, principalmente dos pesquisadores dos grupos de pesquisas "Grupo de Estudos e Pesquisas em Geotecnologia, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Topografia – GEPEGEO" e "Grupo de Pesquisas Avançadas em Inteligência Artificial no Setor Agroflorestal - LINEAR, cadastrados junto ao CNPQ.

A demanda dos recursos naturais fez com que haja necessidade de estudos e planejamentos que maximizem a manutenção desses recursos.

O levantamento do uso da terra numa dada região é de fundamental importância para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Qualquer que seja a organização espacial do uso da terra num dado período, raramente é permanente. Deste modo, há necessidade de atualização constante dos registros de uso da terra, para que as tendências sejam analisadas e utilizadas de forma mais técnica, adequadamente e racional possível.

O planejamento do uso da terra vem se tornando cada vez mais uma importante atividade para os meios rural e urbano. Nesse sentido, o uso adequado da terra, de maneira a protegê-la contra a erosão e visando aumentar gradativamente a sua capacidade produtiva, requer sempre um planejamento inicial, efetivo e eficiente.

Assim, para que se possa estruturar e viabilizar um planejamento e a implementação de uma política agrícola adequada há necessidade de se ter informações confiáveis e atualizadas referentes ao uso e ocupação da terra atual.

Portanto, o presente livro visou discriminar, mapear e quantificar o uso e ocupação do solo, as áreas de preservação permanente, a capacidade de uso do solo, os conflitos de uso do solo, etc., visando o prolongamento da capacidade produtiva, a racionalidade no uso e a conservação das terras da bacia. através de Sistemas de Informações Geográficas, pois este sistema permite obter resultados com maior agilidade quanto à integração e manipulação dos dados, bem como visam o prolongamento da capacidade produtiva, a racionalidade no uso e a conservação das terras, principalmente de bacias hidrográficas através das novas geotecnologias que permitem obter resultados com maior agilidade quanto à integração e manipulação dos dados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

USO DE GEOPROCESSAMENTO PARA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO CÓRREGO INDEPENDÊNCIA – TUPÃ (SP)

Marcelo Campos

Amanda dos Santos Negreti

Sérgio Campos

RESUMO: A gestão dos recursos hídricos de uma microbacia é de extrema importância e a microbacia é essencial, pois é considerada uma unidade ideal para gerir esses recursos, o que permite o planejamento de conservação, preservação e recuperação hídrica, garantindo para futuras gerações. Esse trabalho analisou as características morfométricas da microbacia do Córrego Independência, pertencente ao município de Tupã (SP), aplicando o geoprocessamento com o uso do Sistema de Informação Geográfica QGIS versão 3.10.4. A microbacia localizada entre as latitudes 50º 29' 09'' e 50º 31' 37'' W e longitudes 21º 49' 59'' e 21º 52' 40'' S. A microbacia foi classificada como sendo de 3ª ordem, com relevo suave ondulado e com vocação para pastagem e agricultura, como amendoim e mandioca. O formato da bacia foi considerado ovalado, com mediana suscetibilidade à enchentes e mediana drenagem, sendo propícia também a erosões. Isso indica que na microbacia é necessária práticas de conservação de solos.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, recursos hídricos, sistema de informação geográfica - QGIS.

THE USE OF GEOPROCESSING FOR THE MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE INDEPENDÊNCIA STREAM MICROBASIN - TUPÃ (SP)

ABSTRACT: The management of water resources in a microbasin is essential. The microbasin is essential because it is considered an ideal unit to manage these resources, allowing planning for conservation, preservation, and water recovery, ensuring future generations. This work analyzed the morphometric characteristics of the Independência stream microbasin, Tupã (SP), applying geoprocessing using the Geographic Information System software QGIS version 3.10.4. The microbasin located between latitudes 50º 29' 09'' and 50º 31' 37''' W and longitudes 21º 49' 59''' and 21º 52' 40'' S. The microbasin was classified as a 3rd order watershed, with gently undulating relief and with a vocation for pasture and agriculture, such as peanuts and cassava. Furthermore, the shape of the basin was considered oval, with medium susceptibility to flooding and medium drainage, also prone to erosion. It was pointing to the necessity of soil conservation practices in the microbasin.

KEYWORDS: remote sensing, water resources, geographic information system; QGIS.

INTRODUÇÃO

Para Bueno et al. (2019) as bacias hidrográficas são unidades que apresentam aspectos essenciais para realizar estudos quantitativos e qualitativos da água, bem como a gestão de recursos hídricos, pois compreendem toda a área de captação natural desse recurso proveniente da chuva, proporcionando escoamento superficial para o canal principal.

A gestão de recursos naturais, como o solo, também se faz necessária nas bacias hidrográficas, por exemplo, o seu uso pode ocasionar degradações, como alterações em suas propriedades químicas e físicas, provocando a aceleração dos processos de degradação ambiental. Desse modo, torna-se importante descrever e mapear a variabilidade espacial dessas propriedades, os quais demonstram relevância na determinação de um manejo mais adequado na bacia hidrográfica (LEMOS FILHO; FERREIRA; LYRA, 2017).

Nesse contexto, o estudo morfométrico das microbacias auxilia na compreensão do comportamento de escoamento superficial das águas, pois consiste na caracterização hidrológica e do relevo, permitindo a interpretação da dinâmica do solo e gestão dos recursos hídricos, no que diz respeito à ocupação da área para produção agrícola e/ ou assentamentos humanos, bem como, fundamenta ações preventivas quanto à suscetibilidade de inundações e erosões. Dessa forma, os resultados provenientes do estudo morfométrico contribuem no planejamento, gestão e prevenção de riscos ambientais (ALMEIDA, 2017; COSTA; LEITE, 2020).

É nesse sentido que, a gestão de recursos hídricos é relevante no município de Tupã/SP, localizado entre as Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe, em que a sua principal atividade econômica é a produção agrícola, como o cultivo de amendoim e mandioca que, em 2019, se posicionou em 4º lugar no *ranking* produtivo do país e estado, respectivamente (IBGE, 2021). A gestão hídrica também é direcionada às atividades de comércio, indústrias exportadoras, pecuárias e o uso da população do município, sendo ações que requerem planejamento e gestão dos recursos naturais disponíveis (TUPÃ, 2021).

Dessa forma, o presente trabalho objetivou analisar as características morfométricas da microbacia do Córrego Independência, pertencente ao município de Tupã (SP), aplicando o geoprocessamento com o uso do Sistema de Informação Geográfica QGIS versão 3.10.4.

Os softwares presentes na categoria dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) “permitem espacializar as variáveis que podem interferir no processo de erosão e integrar as respostas no contexto natural e intervencionado pelo homem” (SOUSA; PAULA, 2019, p. 494). Assim, o SIG permite que o pesquisador utilize uma base de dados computadorizada contendo informações de diversas fontes. As informações são espaciais, que são as características naturais, como vegetação, hidrologia, solo, clima, entre outros e aspectos

econômicos, políticos e sociais, apresentando uma divisão temática em subsistemas integrando um SIG. O SIG também permite o cruzamento de dados, por atuar em uma série de operadores espaciais (operações booleanas, algébricas e geométricas), sendo possível relacionar um determinado fenômeno da realidade com a localização espacial selecionada (CAMPOS, et al., 2015; SOUSA; PAULA, 2019; PEREIRA; CABRAL, 2021).

Deste modo, o presente estudo foi dividido em quatro seções, com essa introdução, em que na segunda a metodologia é apresentada, ao especificar o uso do SIG, a terceira os resultados juntamente com as discussões e a conclusão demonstrando os riscos ambientais e aptidões da microbacia estudada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A cidade de Tupã ainda está localizada no aquífero Guarani e em relação as unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI), se encontra em duas: UGRHI-20 (Aguapeí) e UGRHI-21 (Peixe). A microbacia do Córrego Independência (figura 1), se encontra somente na UGRHI-20 e possui área de 1101,09 ha (aproximadamente 2 % da área total do município), estando localizada no município de Tupã, entre as latitudes 50º 29' 09'' e 50º 31' 37'' W e longitudes 21º 49' 59'' e 21º 52' 40'' S. O clima predominante no município de Tupã é Mesotérmico de Inverno Seco (Cwa), segundo a classificação do sistema Köppen, com temperatura precipitação média de 24,12 ºC e 112,3 mm, entre 2015 e 2020 (AGRITEMPO, 2021).

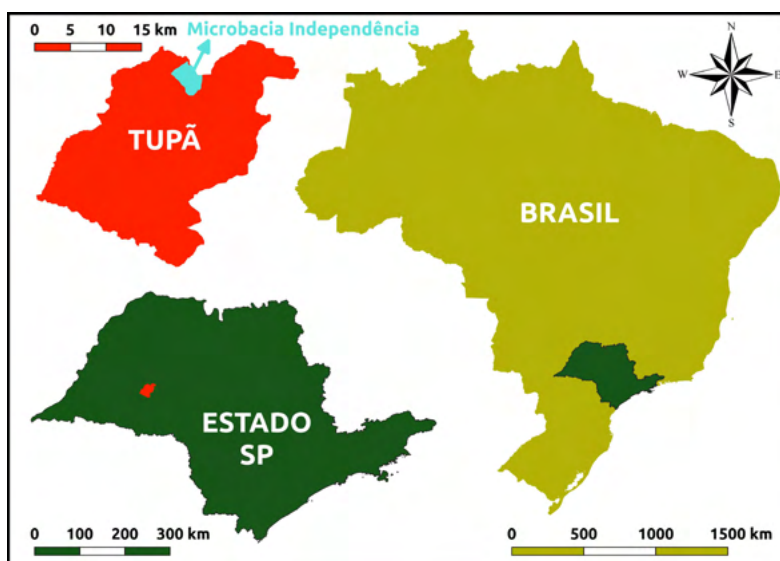



Figura 1. Localização da microbacia do Córrego Independência, na cidade de Tupã-SP.

Fonte: Próprios Autores.

Para o estudo foi necessário utilizar duas cartas planialtimétricas, sendo a a carta de Tupã-SP (SF-22-X-C-IV-4) e Paranso-SP (SF-22-X-C-V-3), onde ambas possuem escala de 1:50.000 e curvas de nível de 20 em 20 metros, editada em 1974 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Todo o estudo foi realizado no software QGIS (QGIS, 2021), versão 3.10.4-A Coruña, com sistema de referências de coordenadas SIRGAS 2000 e projeção UTM, para zona 22S (EPSG: 31982).

Inicialmente as cartas planialtimétricas foram georreferenciadas utilizando a função “Georreferenciador”, presente no menu “Raster” do QGIS. Posteriormente foi vetorizada as curvas de nível e a rede de drenagem dessas cartas planialtimétricas. Para isso foi utilizando um complemento do QGIS, criado por Mikhail Kondratyev, denominado “Raster Tracer”.

Com a vetorização das curvas de nível, foi indicada as altitudes dessas curvas na tabela de atributos da camada, além disso, nessas tabelas de atributos foi determinada as variáveis dimensionais, como comprimento, perímetro e área, utilizando a função “Calculadora de Campo” presenta na tabela de atributos. Foi utilizada para esses cálculos, respectivamente as funções “$length”, “$perimeter” e “$area”, do menu “Geometria”. Demais parâmetros necessários, como comprimento do eixo da bacia, foram utilizada a função “Medir” do QGIS.

Os parâmetros obtidos nesse trabalho podem ser divididos em Dimensionais, do Relevo e de Drenagem. Em relação aos parâmetros obtidos diretamente do software QGIS, foram:

- **Parâmetros Dimensionais:** Área da Bacia (A), Comprimento do Rio Principal (C), Comprimento da Drenagem (Cd), Comprimento das Cotas (Cn), Comprimento do Eixo da Bacia (L) e Distância entre as Curvas de Nível (D).

- **Parâmetros do Relevo:** Altitude Máxima e Mínima (Hmax e Hmin) e Altitude Máxima e Mínima do Rio Principal.

- **Parâmetros de Drenagem:** Hierarquia, segundo à classificação de Strahler (MACHADO; TORRES, 2012), obtendo o número de canais em cada ordem (Ni, onde i é a ordem).

Os demais parâmetros foram obtidos de forma indireta utilizando as equações apresentadas na tabela 1.

Parâmetros do Relevo		
Altitude Média (Hm)	Amplitude Altimétrica (H)	Coeficiente de Rugosidade (CR)
$H_m = \frac{H_{MAX} + H_{MIN}}{2}$	$H = H_{MAX} - H_{MIN}$	$C_r = D_d \cdot D_m$
Declividade Média (Dm)	Fator de Forma (Kf)	Frequência de Rios (FR)
$D_m = \frac{D \cdot C_n}{A}$	$K_f = \frac{A}{L^2}$	$F_r = \frac{\sum N_i}{A}$
Gradiente Altimétrico (G)	Índice de Circularidade (Ic)	Índice de Compacidade (Kc)
$G = \frac{A_{MAX} - A_{MIN}}{C}$	$I_C = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{P^2}$	$K_C = \frac{1}{\sqrt{K_C{}^2}}$
Índice de Sinuosidade (Meandros) (Si)	Índice de Rugosidade (Ir)	Razão de Textura (T)
	$I_r = D_d \cdot H$	$T = \frac{N_1}{P}$
$I_S = \frac{C}{C'}$ C' é o comprimento do rio em linha reta	Relação de Bifurcação (Rb)	Relação de Relevo (Rr)
	$R_b = \frac{N_N}{N_{N+1}}$	$R_r = \frac{H}{C}$
Parâmetros de Drenagem		
Coeficiente de Manutenção (Cm)	Densidade de Drenagem (Dd)	
$C_m = \frac{1}{D_d}$	$D_d = \frac{C_d}{A}$	
Densidade de Rios (Dr)	Extensão do Percurso Superficial (Eps)	
$D_r = \frac{N}{A}$	$Eps = \frac{1}{2 \cdot D_d} = \frac{D_m}{2}$	

Tabela 1. Equações utilizados para os cálculos de alguns parâmetros morfométricos.

Fonte: Próprios Autores, adptado de CHRISTOFOLETTI, 1980; COCHEV et al, 2015; FRANÇA, 1968; HORTON, 1932; HORTON, 1945; MACHADO; TORRES, 2012; SMITH, 1950.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As redes de drenagem e as curvas de nível são apresentadas na figura 2 e os dados obtidos das características físicas da microbacia do Córrego Independência (tabela 2).

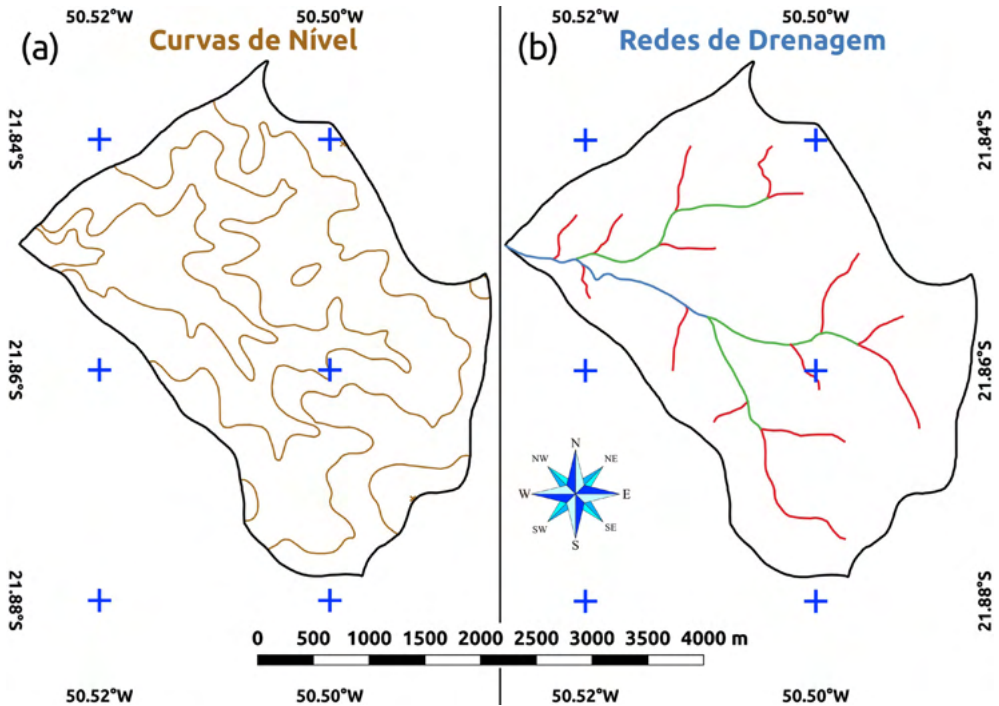



Figura 2. Curvas de nível (a) e redes de drenagem com classificação da hierarquia fluvial (b) da microbacia do Córrego Independência.

Fonte: Próprios Autores.

De acordo com o escoamento global, a microbacia foi classificada como endorreica, em relação ao curso d'água é classificada como perene, e a rede de drenagem é classificada como dendrítico (CHRISTOFOLETTI, 1980). A rede de drenagem mostrou 1 canal de 3ª ordem (12,7 % do comprimento total da rede drenagem), 3 canais de 2ª ordem (28,6 % do comprimento), e 15 canais de 1ª ordem (58,7 % do comprimento). Assim, a rede de drenagem foi classificada como de 3ª ordem, conforme hierarquia proposta de Strahler em 1952 (MACHADO E TORRES, 2012).

A microbacia do Córrego Independência (Tabela 2) possui uma área de 11,01 km² e um perímetro de 14,44 km, sendo que o fluxo de água é dado da direção Sudeste para o Noroeste, e o comprimento do rio principal é de 4,55 km, correspondendo a 27,8 % do comprimento total da rede de drenagem, que é de 16,33 km. O rio principal quando analisada a sinuosidade, obteve um índice (Si), igual a 1,11 ou 11 %, classificando esse rio com um canal reto, pois só é considerado um canal meândrico, se o rio possuir esse índice maior que 50 %.

Analisando a forma da microbacia, que é muito importante, pois com esses dados é possível determinar tempo de concentração, ou seja, o tempo que é necessário para que

toda a água de uma precipitação seja levada até o exutório (CAMPOS et. al., 2015).

O primeiro parâmetro analisado será o fator de forma (Kf), proposto por Horton (1932), indica que valores acima de 0,75 é classificado como sujeito a enchentes (0,50 e 0,75), classificado com tendência medianas e abaixo é classificado como não sujeito à enchentes. Nesse trabalho, o valor obtido foi de 0,52, que é classificado com tendências medianas para enchentes, sendo que o valor está bem próximo do limite para não sujeitos à enchentes, sendo assim, podemos classificar que as probabilidades de enchentes medianas sejam menores. Outro fator importante nesse quesito são os índices de compacidade (Kc) e circularidade (Ic), sendo que um pode ser calculado através do outro, sendo assim são ligados entre si. Portanto analisaremos o indice de compacidade (Kc), onde valores próximos a 1,00 até 1,25, a bacia tem o formato circular, e tem alta propensão à grandes enchentes, valores entre 1,25 e 1,50 a tendência é mediana a enchentes, e valores acima de 1,50, a bacia tem um formato mais ovalado e sendo assim, não é propensa à grandes enchentes. No caso desse trabalho o valor do índice de circularidade foi de 0,66 e do índice de compacidade foi de 1,23, ou seja indicando alta propensão à grandes enchentes para mediana, já que está quase no limite entre as duas. Isso é importante para a região de Tupã, devido ao fato de haver chuvas concentradas, com precipitações acima de 20 mm/h no meses considerados mais chuvosos, dezembro à março (CIIAGRO, 2020). Quando combinado todos esses valores, é possível considerar que a microbacia do Córrego Independência é classificada com tendências medianas para enchentes e de formato ovada (CURY et al, 2019).

Parâmetros Dimensionais da Microbacia do Córrego Independência	
Área (A)	11,01 km²
Comprimento do Rio Principal (Cp)	4,55 km
Comprimento da Drenagem (Cd)	16,33 km
Comprimento das Cotas (Cn)	33,69 km
Perímetro (P)	14,44 km
Parâmetros do Relevo da Microbacia do Córrego Independência	
Altitude Máxima (Hmax)	474 m
Altitude Máxima do Rio Principal	440 m
Altitude Média (Hm)	427 m
Altitude Mínima (Hmin)	380 m
Altitude Mínima do Rio Principal	380 m
Amplitude Altimétrica (H)	94 m
Coeficiente de Rugosidade (Cr)	0,096 km/km²
Declividade Média (Dm)	6,48 %
Fator de Forma (Kf)	0,52

Frequência de Rios (Fr)	1,73 cursos d’água/km^2
Gradiente Altimétrico (G)	1,32 %
Índice de Circularidade (Ic)	0,66
Índice de Compacidade (Kc)	1,23
Índice de Sinuosidade (Meandros) (Si)	1,11 (11 %)
Índice de Rugosidade (Ir)	0,14
Razão de Textura (T)	1,32
Relação de Bifurcação (Rb)	5 (Ordem 1/2)
	3 (Ordem 2/3)
Relação de Relevo (Rr)	20,68 m/km
Padrões de Drenagem da Microbacia do Córrego Independência	
Coeficiente de Manutenção (Cm)	0,67 km^2/km
Densidade de Drenagem (Dd)	1,48 km/km^2
Densidade de Rios (Dr)	1,73 canais/km^2
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	337,10 m
Ordem da Microbacia (W)	3

Tabela 2. Características físicas da microbacia Córrego Independência.

Fonte: Próprios Autores.

Com essa tendência mediana, é importante o estudo do relevo da microbacia, que foi obtido pela carta planialtimétrica, onde as cotas são de 20 e 20 m. A extensão total das cotas dessa bacia foi de 33,69 km, e a declividade média da microbacia foi de 6,48 %, que pelo classificação da Embrapa (tabela 3), pode ser classificada o relevo como suave ondulado. Praticamente três quartos da bacia é composto por Argissolos Vermelho-Amarelos e o restante por Latossolos Vermelhos. A região que compreende os Latossolos, também são classificados como Distrófico, o que quer dizer que são solos com baixa fertilidade, sendo propícios ao uso como pastagem e para produção de grãos, que é o caso de Tupã, com cultura predominante de amendoim e também de pastagem. A região que é composta pelo Argissolo, já são classificada como solo Eutrófico, sendo assim, tem alta fertilidade. O argissolo em relevo suave ondulado podem ser utilizados para diversas culturas, entre elas o amendoim e o cultivo de mandioca, que é outra cultura que está crescendo em Tupã, além de serem aptas a pastagem. Devido a ser classificado com relevo suave ondulado é os tipos de solo, eles necessitam de correções no solo, como por exemplo adubação e calagem, para melhorar a prática no mesmo, assim como também deve ser preocupar com práticas de conservação de solos, devido à grande suscetibilidade à erosão (EMBRAPA, 2021), somado com a classificação da forma, que indicou tendências medianas à enchentes.

Declividade Média (Dm)	Classificação
Até 3 %	Plano
Entre 3 a 8 %	Suave ondulado
Entre 8 e 20 %	Ondulado
Entre 20 e 45 %	Forte Ondulado
Entre 45 e 75 %	Montanhoso
Acima de 75 %	Escarpado

Tabela 3. Classificação da declividade Média (Dm).

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1979).

O índice e o coeficiente de rugosidade (Ir e Cr) foram de 0,14 (ou 14 %) e 0,096 km/km², respectivamente. Eram valores previsíveis, devido ao fato das amplitude altimétrica ser baixa, de apenas 94 m. Esse valor indica que a bacia tem potencial para uso como pastagem (CURY et al, 2019) Esses dados corroboram com a relação de relevo, que indica o desnível entre a cabeceira e o exultório, que foi de 20,68 m de rios por km de relevo. Devido a esse valor baixo, é baixa a velocidade de escoamentos, e propicia à erosões. Em relação a textura do solo, foi determinado o valor de 1,32 para a razão de textura, classificando o solo com de textura grosseria (FRANÇA, 1968).

Analisando a drenagem da microbacia, a mesma possui 1,73 cursos d'água/km² quando analisada todos os cursos de água, quando é só analisada as nascentes, esse valor é de 1,36 cursos d'água de 1ª ordem/km². A densidade de drenagem (1,48 km/km²) foi classificada como a drenagem mediana (BELTRAME, 1994), conforme mostra a tabela 4, corroborando com os dados já apresentados. Quando é analisada a distância média percorrida pela água até chegar ao leito do rio, que foi de 337 m. O coeficiente de manutenção da microbacia foi de 0,67 km²/km, ou seja, é necessário 0,67 km² de área da microbacia, para manter ativo 1 km de canal fluvial. Esse dado é importante para pensar no balanço hidrodinâmico da microbacia.

Dd (km/km²)	Classificação
Menor que 0,50	Baixa
0,50 a 2,00	Mediana
2,01 a 3,50	Alta
Maior que 3,50	Muito Alta

Tabela 4. Parâmetros para classificar a rede de drenagem.

Fonte: BELTRAME, 1994.

CONCLUSÃO

A gestão dos recursos hídricos de uma microbacia é de extrema importância, servindo para estudos e planejamentos futuros. Sendo assim, saber o seu atual cenário é necessário, e nesse quesito o estudo das características morfométricas tem grande apelo. Esse trabalho estudou essas características da microbacia Córrego Independência, pertencente ao município de Tupã – SP. Esse estudo foi realizado com o uso do sensoriamento, que se mostrou muito eficaz. Os resultados demonstraram que o relevo é suave ondulado e a microbacia foi classificada com ovalada e com mediana drenagem. Esses dados mostraram que a microbacia é propícia e enchentes medianas, e devido a baixa drenagem, propícia também a erosões, sendo necessária práticas de conservação de solos. Em relação à vocação do solo, foi classificado principalmente para pastagens, mas também para algumas culturas, como amendoim e mandioca, que são atualmente as maiores utilizações dos solos de Tupã.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. **Estatísticas 2015 a 2020, 2021**. Disponívem em: http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=SP. Acesso em: 25 mar. 2021.

ALMEIDA, R.A.; ROSA, D.R.Q.; FERREIRA, R.G.; DELAZARI, F.T.; ALMEIDA, I.A. Nota técnica: análise morfométrica de uma sub-bacia do Rio Piracicaba (MG) utilizando Sistemas de Informação Geográfica. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 4, 2017.

BELTRAME, Ângela da Veiga. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BUENO, G.E.S.; PONCIANO, I.M.; FERRI, K.C.F.; DE PAULA, C.R.; PINHEIRO, R.H.O.; PESSUTI, F.; PELAZZA, B.B.; FERRI, L.P. A qualidade da água na microbacia hidrográfica do ribeirão Santo Antônio para o abastecimento humano no município de Iporá (GO). **Itinerarius Reflecions**, v. 15, n.3, 2019.

CAMPOS, Sérgio; UZÓ, Maurílio; CAMPOS, Marcelo; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé; RODRIGUES, Bruno Timóteo. Caracterização morfométrica da microbacia do rio BAURU/SP obtida por técnicas de geoprocessamento. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 1, n. 3, p. 222–234, 2015.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. Edição: 2. [*S. l.*]: Blucher, 1980.

CIIAGRO. CIIAGRO On Line - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. 2020. Disponível em: http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/. Acesso em: 14 jun. 2020.

COCHEV, Jakeline Santos; NEVES, Sandra Mara Alves da Silva; SILVA, Edgley Pereira da; SILVA, Aguinaldo; NEVES, Ronaldo José. Análise fisiográfica e do uso da terra em microbacias com produção olerícola no município de Alta Floresta/MT. **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 9, n. 20, p. 55–71, 4 set. 2015.

COSTA, E. S.; LEITE, E. F. Análise da morfometria areal da bacia hidrográfica do rio Nioaque/MS. **Revista Pantaneira**, v. 18, n. esp., 2020.

CURY, D; C.; LIMA, A. A.; BARROS, A. C.; SOUZA, T. L.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica Córrego Água do Brejão – Anhembi, SP. **Energia na Agricultura**, v. 34, n. 1, p. 113-123, 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. **Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979(EMBRAPA-SNLCS. Serie Miscelania, 1).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Argissolos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html. Acesso em: 25 mar. 2021.

FRANÇA, G. V. de. **Fotointerpretacao de bacias e de redes de drenagem de tres series de solos da Fazenda Ipanema Municipio de Aracoiaba da Serra (S.P.)**. 1968. 92 f. Doutorado – USP-ESALQ, Piracicaba, 1968.

HORTON, Robert E. Drainage-basin characteristics. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 13, n. 1, p. 350–361, 1932.

HORTON, Robert E. EROSIONAL DEVELOPMENT OF STREAMS AND THEIR DRAINAGE BASINS; HYDROPHYSICAL APPROACH TO QUANTITATIVE MORPHOLOGY. **GSA Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275–370, 1 mar. 1945.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/tupa/pesquisa/14/10193?tipo=ranking>. Acesso em: 10 abr. 2021.

LEMOS FILHO, L.C.A.; FERREIRA, L.L.N.; LYRA, D.L. Variabilidade espacial de atributos do solo indicadores de degradação ambiental em microbacia hidrográfica. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 1, 2017. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v11i1. 3413.

MACHADO, Pedro; TORRES, Fillipe. **Introdução à hidrogeografia**. Edição: 1. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PEREIRA, M.D.R; CABRAL, J.B.P. Perda de solo no alto curso das bacias hidrográficas dos ribeirões Taquaruçu Grande e Taquaruçuzinho, Palmas (TO). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.1, 2021.

QGIS. **Sistema de Informação Geográfica**. Versão 3.12.2-Bucuresti, 1 maio 2020. Disponível em: https://qgis.org. Acesso em 20 julho 2020.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal of Science**, v. 248, n. 9, p. 655–668, 1 set. 1950.

SOUSA, F.R.C., PAULA, D.P. Análise de perda do solo por erosão na bacia hidrográfica do Rio Coreaú (Ceará-Brasil). **Rev. Bras. Geomorfol.**, v. 20, n. 3, 2019.

TUPÃ. **Cidade de Tupã**. Disponível em: <https://www.tupa.sp.gov.br/>. Acesso em: 10 de abr. de 2021.

CAPÍTULO 2

DELIMITAÇÃO DO USO INADEQUADO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE, VISANDO A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Gabriel Rondina Pupo da Silveira

Fernanda Leite Ribeiro

Sérgio Campos

RESUMO: Este trabalho visou a utilização de ferramentas tecnológicas em uma microbacia para a conservação dos recursos hídricos. A microbacia do Ribeirão Água do Paredão, localizada em uma importante região do estado do Paraná, no município de Jataizinho. Foi obtido o mapa de uso e ocupação do solo, através da imagem de satélite, a determinação das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e os conflitos existentes na área. As bases cartográficas foram: a carta planialtimétrica em formato digital (IBGE, 1991) utilizadas no georreferenciamento, além da imagem de satélite. O SIG-IDRISI Selva foi utilizado para realizar o georreferenciamento da imagem, geração dos buffers de APPs e o overlay para obtenção dos conflitos de uso, além da confecção do mapa temático final. O software CartaLinx foi utilizado na delimitação dos parâmetros morfométricos da microbacia. A quantificação do uso do solo mostrou que o uso "culturas anuais" foi a classe mais presente na microbacia, ocupando 56,97 % (82,83 ha) da área. A hidrografia da área permitiu estabelecer que as APPs correspondem a 32,85 ha de toda a microbacia. As áreas de conflito mostraram que a maior parte das APPs, o equivalente a 28,35 ha, estão sendo usadas para outros fins. As Áreas de Preservação Permanente e seus conflitos mostraram que uma boa parte da área da microbacia em estudo está sendo utilizada inadequadamente, não respeitando a legislação ambiental. Desta forma, o mapa temático permitiu um zoneamento da área, gerando dados que auxiliarão nos futuros planejamentos de recuperação da mesma.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Informação Geográfica; Geoprocessamento; Preservação Ambiental.

ABSTRACT: This work aimed at the use of technological tools in a watershed for the conservation of water resources The watershed used was the Ribeirão Água do Paredão, in a important place of Parana state, in Jataizinho. It was obtained the land use and occupation map, using satellite image, the determination of Permanent Preservation Areas (APPs) and the conflicts in the area. The cartographic databases used were: planialtimetric letter in digital format (IBGE, 1991) used in the georeferencing, and satellite images. The SIG-IDRISI Selva was used to georeference the satellite image, to generate of APPs buffers and the overlay to obtain the use conflicts and the final thematic map. The software CartaLinx was used in the delimitation of the elements present in the watershed (limit of the drainage network and areas of use and coverage). The quantification of the land useof the soil in the

watershed showed that the use “cultures” was the class that occupies 56.97% (82.83 hectare) area. The hydrography of the area showed that the APPs correspond to 32.85 hectares of the watershed. The conflict areas showed that most of the APP, equivalent to 28.35 ha are being used for other purposes. The Permanent Preservation Areas and their conflicts have shown that a good part of the area of the watershed in study is being used improperly, not respecting environmental legislation. Thus, the thematic map permitted a zoning of the area, generating data that will assist in future planning of recuperation.
KEYWORDS: Geographic Information System; Geoprocessing; Environmental Preservation.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o ser humano vem se deparando com um grande desafio, que é a conservação ambiental, sendo este necessário devido à má utilização dos recursos naturais nas últimas décadas. Dentre os recursos naturais, podemos destacar as Áreas de Preservação Permanentes (APPs), que tem função importante nas atividades de uma microbacia, sendo responsável pela manutenção e conservação dos ecossistemas ali existentes (MAGALHÃES e FERREIRA, 2000).

De acordo com Silva (1996), as Áreas de Preservação Permanente foram criadas para proteger o meio ambiente na sua forma natural, através da delimitação das áreas impróprias para o uso da terra, a fim de manter a cobertura vegetal original, a qual será responsável por atenuar os efeitos erosivos, a lixiviação dos nutrientes no solo e o assoreamento, além de contribuir para regularizar a vazão dos cursos d`água, trazendo benefícios para a fauna silvestre.

O mapeamento de uma microbacia permite estudos e planejamentos de atividades urbanas e rurais, com determinação do uso e ocupação do solo, indicação de áreas propícias à exploração agrícola, pecuária ou florestal, previsão de safras e planejamento urbano (CAMPOS et al. 2009).

Vale enfatizar que o uso racional do solo deve ser baseado em atividades produtivas que considerem o potencial de terras para diferentes formas de uso, fundamentado no conhecimento das potencialidades e fragilidade dos ambientes, de forma a garantir a produção e reduzir os processos geradores de desequilíbrio ambiental, com base em tecnologias técnica e ambientalmente apropriadas (GEBLER e PALHARES, 2007).

A cobertura florestal em áreas definidas como Áreas de Preservação Permanente constitui-se em elemento de extrema importância na manutenção da qualidade ambiental, desempenhando diversas funções entre elas, a dissipação da energia do escoamento superficial, a proteção das margens dos cursos d’água, a estabilização de encostas, a proteção de nascentes, o impedimento do assoreamento de corpos d’água, o abastecimento do lençol freático, captura e retenção de carbono, porém, tais funções muitas vezes ficam comprometidas, decorrente de sua falta (GARCIA, 2011).

As Áreas de Preservação Permanentes (APPs) são uma das ferramentas de preservação e conservação dos recursos ambientais cujo objetivo fundamental é adequar o desenvolvimento socioeconômico com a manutenção da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico, buscando a sustentabilidade ambiental e a geração de serviços ambientais.

A opção por uma microbacia como local de estudo deve-se ao fato de ser esta uma unidade onde se tem diferentes características, desde regiões altas, onde normalmente estão localizadas as nascentes dos riachos e córregos, áreas de encostas onde as águas correm com maior velocidade, e finalmente, as áreas de baixadas onde normalmente são observadas as consequências do manejo inadequado feito nas altitudes mais elevadas.

A aplicação de tecnologias como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) facilita a maneira de como o uso do solo pode ser monitorado, pois técnicas relativamente simples podem fornecer informações que permite a avaliação pontual e temporal, reparação e readequação dos usos, a um custo aceitável. Uma questão importante na adoção das técnicas de SIG para o planejamento do uso do solo é a atividade agrícola (PELEGRIN, 2001).

O objetivo principal do trabalho em questão foi a determinação das áreas de APPs e os conflitos de uso ocorridos, que demonstraram as atividades antrópicas na microbacia do Ribeirão Água do Paredão, por meio da utilização de SIG (Sistema de Informação Geográfica), na análise dos conflitos do uso da terra em áreas de APPs da microbacia, além de obter dados que uteis para viabilização das irregularidades nas áreas e adequá-las de acordo com a legislação ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

A microbacia do Ribeirão Água do Paredão localiza-se no município de Jataizinho (PR), na mesorregião Norte Pioneiro Paranaense (sul do Brasil), localizada entre as coordenadas UTM, longitudes 504000 a 508000 m W e latitudes 7426000 a 7428000 m S, com uma área de 145,38 ha.

Segundo dados da carta de solos do Estado do Paraná (FOLHA SF-22-Z-C-I-3 MIR 497), elaborado pela EMBRAPA (2007), constatam-se que na bacia do Ribeirão Água do Paredão são encontrados os seguintes tipos de solos: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (RRe 10), NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico (NVef 3) e uma pequena área de GLEISSOLO HÁPLICO (GX 1).

A vegetação local é a Floresta Estacional Semi-decidual Atlântica e em grande parte da bacia o solo é propício às atividades agrícolas, sendo a soja, o milho e o trigo os cultivares mais plantados na região.

Segundo classificação climática de Koppen, encontra-se o clima Cfa na microbacia

estudada, que é um clima subtropical, com temperatura média no inverno inferior à 18º C (mesotérmico) e temperatura média no verão acima de 22º C. Possui verões quentes, geadas pouco frequentes, concentração de chuvas durante os meses mais quentes e não possui estação seca definida (a deficiência de chuvas dificilmente ultrapassa um mês de duração).

Os pontos de controle (coordenadas) para o georreferenciamento e os pontos de máxima altitude para digitalização do limite da microbacia tiveram como base a Carta Planialtimétrica elaboradas pelo IBGE (1991), em formato digital. A carta utilizada foi de Assaí (MI-2759-3), em escala 1:50.000, com curvas de nível de 20 em 20 metros.

O processamento dos dados foi realizado num microcomputador Intel Core I-5 3230M 2.6 GHz com turbo boost 3.2GHz, Intel HD grafics 4000, 15.6” HD LED.

O Sistema de Informações Geográficas - IDRISI Selva foi utilizado para a elaboração do uso da terra a partir da classificação não supervisionada “Isoclust”, para a elaboração do mapa de conflito e na conversão dos dados vetoriais em imagem *raster.*

O *software* CartaLinx foi utilizado na digitalização do limite da microbacia, da rede de drenagem e das áreas de cobertura vegetal, obtidas através de imagens de satélite.

O contorno da área da microbacia do Córrego Água do Paredão – Jataizinho (PR) foi realizado através das cartas planialtimétricas editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 1991, folha Assaí (MI-2759-3) e Uraí (MI-2759-1), em escala 1:50.000, com curvas de nível de 20 em 20 metros, segundo os pontos mais elevados em torno da drenagem, tendo-se como base a definição de Rocha (1991) para bacia hidrográfica.

Primeiramente foi importado para o IDRISI em formato vetorial, o arquivo TIFF que contêm a carta planialtimétrica, esse arquivo foi georreferenciado, sendo posteriormente, com o auxílio do *software* CartaLinx feito a delimitação da área de estudo.

Elaborou-se uma composição colorida com a combinação das bandas 3, 4 e 5, obtida a partir da imagem de satélite digital, bandas 5, 4 e 3 do sensor *Thematic Mapper* do LANDSAT – 5, da órbita 222, ponto 76, passagem de 04/10/2011, cedida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em formato digital.

A primeira etapa consistiu no georreferenciamento da carta planialtimétrica do IBGE e posteriormente, com base nessa, das bandas 3, 4 e 5 da imagem de satélite, ambas foram realizadas no IDRISI, menu *Reformat/Resample.*

Após o georreferenciamento das bandas, efetuou-se o recorte pela opção *Reformat/ Window* e em seguida, o processo de composição da imagem RGB (Red, Green, Blue), respectivamente as bandas 5, 4 e 3, utilizando-se da função *Composite* do menu *Display*.

Posteriormente, a carta topográfica e a composição foram exportadas para o software CartaLinx - onde delimitou os elementos - limite e rede de drenagem pela carta

topográfica e delimitação dos usos do solo na composição - sendo que, para o limite e os usos foram criados polígonos, enquanto que, para a rede de drenagem, linhas.

No IDRISI, definiram-se as Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água e ao redor das nascentes. Os buffers foram criados no menu *GIS Analysis*, ferramenta *Distance Operators - BUFFER. P*roporcionou a criação de um *buffer* de raio de 50 metros circulando as áreas das nascentes e um *buffer* de 30 metros de cada lado da margem na drenagem ao longo do leito do córrego (medidas estas estipuladas pela Lei Florestal n°12.727, sendo que a largura das redes de drenagem presentes na microbacia em estudo são inferiores a 10 metros) resultando no mapa de APPs.

Para identificar as áreas de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanentes, utilizou-se a álgebra de mapas realizando uma sobreposição do mapa de uso e ocupação do solo com o mapa das APPs. Os procedimentos foram executados na ferramenta *Mathematical Operators - OVERLAY* do menu *GIS Analysis* e selecionou-se a opção matemática *First x Second.*

Após a sobreposição desses mapas, as áreas de ocorrência dos conflitos de acordo com as classes de uso foram devidamente quantificadas, executando as funções de cálculo de área, pela ferramenta *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis*. Foram consideradas sob uso conflitante as áreas cultivadas e ocupadas com outros fins presentes nas APPs das nascentes e cursos d´água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Nardini (2009), o levantamento do uso do solo, em uma determinada região, torna-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço já que o conhecimento das alterações ambientais, provocadas pela ação antrópica, possibilita uma visão dos problemas existentes e produz subsídios para gestão dos recursos naturais. É condição primordial para se programar uma política de uso racional do solo e de respeito à suscetibilidade e capacidade de suporte do meio ambiente aos impactos antrópicos, possibilitando o desenvolvimento socioeconômico sustentável.

Na classificação em tela da bacia do Ribeirão Água do Paredão, as cinco classes de uso discriminadas estão representadas por: mata ciliar, culturas anuais, pastagem, fruticultura e lago/represa (Figura 1 e Tabela 1).

Os resultados obtidos (Figura 2 e Tabela 1) mostram que a microbacia vem sendo ocupada por mata ciliar (15,03 ha), culturas anuais (82,83 ha), pastagem (29,61 ha), fruticultura (17,46 ha), e com lago/represa (0,45 ha).

A análise do uso do solo (Figura 2 e Tabela 1) na bacia hidrográfica do Ribeirão água do Paredão – Jataizinho (PR) mostra que culturas anuais estão ocupando a maior parte da área, representando mais de 56,97% do total da área, já a pastagem vem ocupando

20,37% da área, mostrando com isso a importância agropecuária da região.

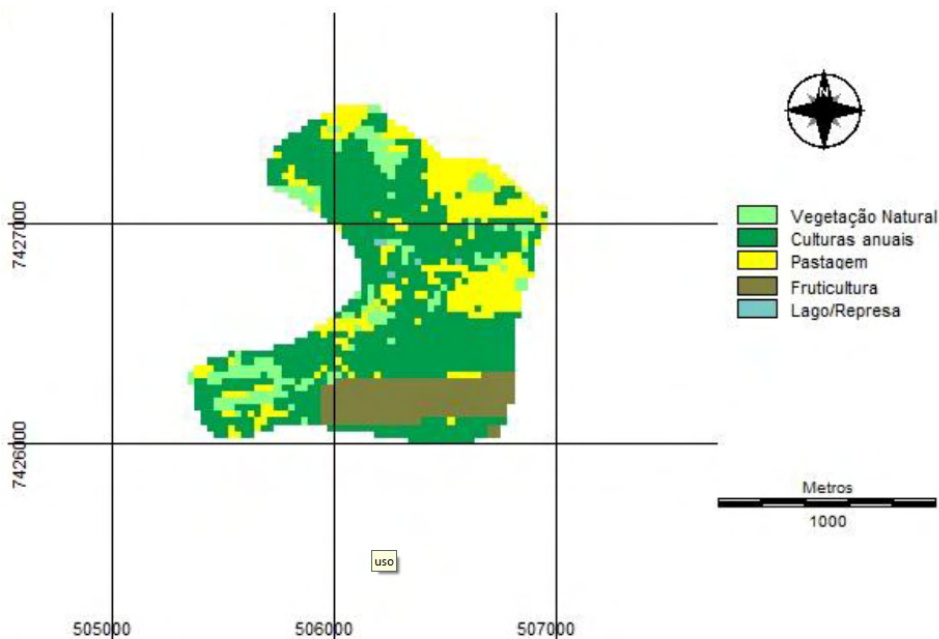



Figura 1. Usos e ocupações na microbacia Ribeirão Água do Paredão – Jataizinho, PR.

Classes de uso da Terra	Área	
	ha	%
Mata ciliar	15,03	10,34 %
Culturas anuais	82,83	56,97 %
Pastagem	29,61	20,37 %
Fruticultura	17,46	12,01 %
Lago/ represa	0,45	0,31 %
Total	145,38	**100**

Tabela 1 - Classes de uso na microbacia Ribeirão Água do Paredão – Jataizinho, PR.

Pelo fato da bacia ser muito ocupada pela agropecuária, deve-se atentar em relação a conservação do solo, principalmente por ser ocupada com culturas anuais, que deixam o solo exposto uma ou mais vezes ao ano, e pastagens, que causam uma compactação do solo, devido ao pisoteio dos animais. Essas ocupações e fatores ocasionam na aceleração do processo erosivo do solo, ocasionando a poluição e assoreamento dos recursos hídricos.

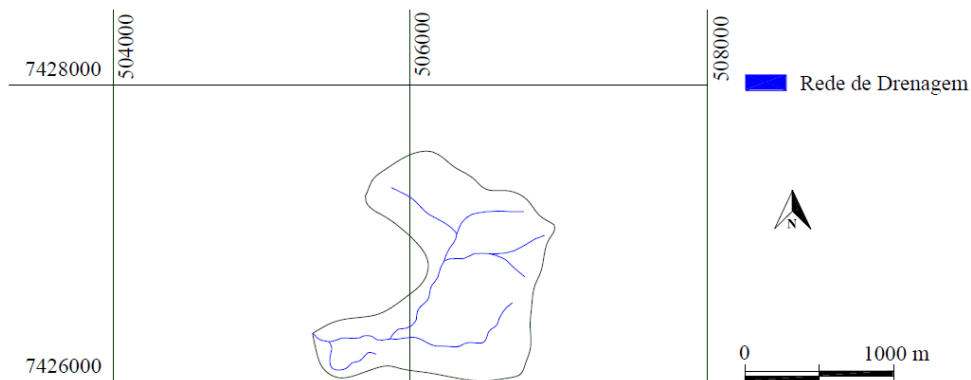



Figura 2. Hidrografia da microbacia do Água do Ribeirão Coqueiro -Jataizinho (PR).

Após a delimitação da rede de drenagem (Figura 2), foram estabelecidas as APPs (Figura 3), com base na legislação vigente (Código Florestal) foram mapeadas as APPs para as nascentes da bacia de estudo em um raio de 50 metros e para os rios em 30 metros de cada lado. Como os rios inseridos na bacia são estreitos, não ultrapassando 10 metros de largura, considerou-se apenas as APPs de 30 metros.

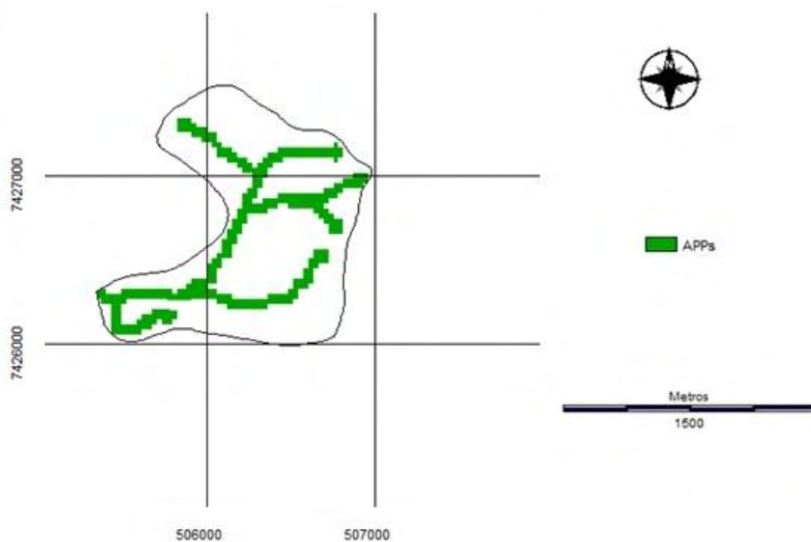



Figura 3 - APPs ao longo dos cursos d'água e ao redor das nascentes.

Legalmente, as Áreas de Preservação Permanente não podem ser ocupadas. Porém, como pode-se observar na Figura 4 e Tabela 2, as APPs estão com a vegetação

nativa destruída para a utilização em usos como a pastagem, culturas anuais e área urbana. Da área total das APPs, apenas 13,15 % estão sendo utilizadas da maneira correta (de acordo com a legislação), ou seja, estão preservadas e cobertas pelas classes florestal e campestre.

A microbacia deveria possuir uma área de 32,85ha de Áreas de Preservação Permanente, porém, 28,35ha estão sendo utilizados indevidamente, e apenas 4,50 hectares estão regulares com base no código florestal, sendo a área composta por vegetação natural, nascentes, lagos e represas.

Apesar da importância, e de serem preservadas por lei, as matas ciliares vêm sendo alvo das atividades antrópicas, diante dos interesses conflitantes de uso e ocupação da terra, ocasionando a sua supressão ao longo dos cursos d'água, como é o caso da microbacia Ribeirão Água do Paredão no qual sua utilização é para fins agropecuários.

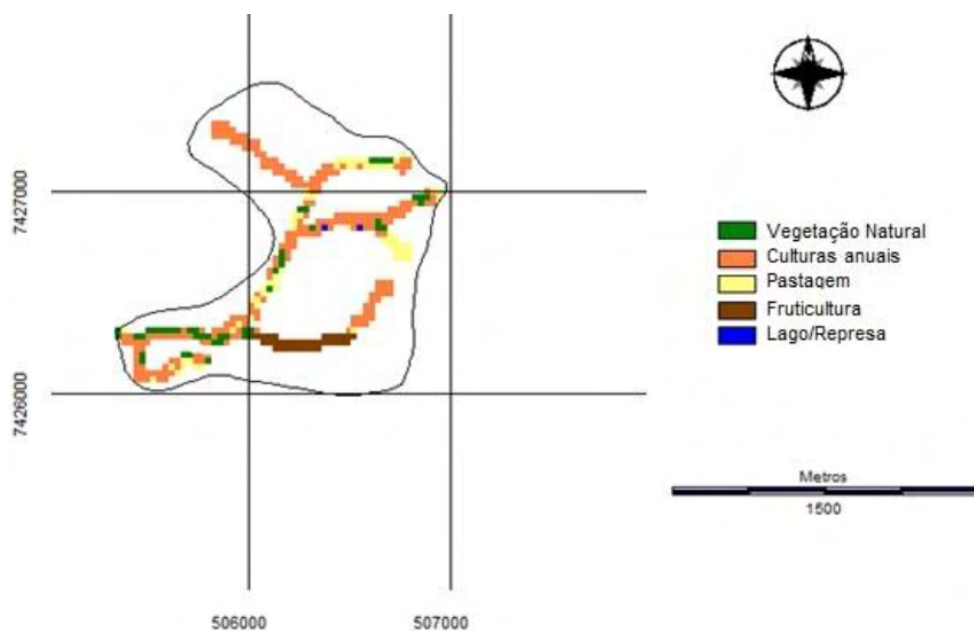



Figura 4 - Mapa de conflito de uso do solo em APPs.

Classes de uso da Terra	APPs		Conflitos	
	ha	%	ha	%
Vegetação Natural	4,32	13,15	-	-
Culturas anuais	19,53	59,45	19,53	68,89
Pastagem	5,76	17,53	5,76	20,32
Fruticultura	3,06	9,31	3,06	10,79
Lago/ Represa	0,18	0,56	-	-
Total	**32,85**	**100**	**28,35**	**100**

Tabela 2 - Distribuição das áreas e porcentagens de conflitos de uso do solo em APPs.

Os resultados permitiram concluir que há a necessidade de recompor 28,35 ha de Área de Preservação Permanente (Figura 4 e Tabela 2), pois estas áreas de conflito vêm sendo ocupadas inadequadamente por culturas anuais (68,89%), pastagem (0,32 %) e fruticultura (10,79%).

Com base nesses valores, percebe-se a baixa ocupação das APPs por matas nativas, necessárias para necessária o uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas (BRASIL, 2012).

Os dados obtidos permitiram analisar a preservação ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Água do Paredão, sendo que esta não está ambientalmente conservada, pois as áreas de vegetação natural representam apenas 10,34% da área, e de acordo com o Código Florestal, a reserva mínima de florestas deve ser de 20%. Este é um parâmetro muito importante, pois segundo Rocha (1991), as florestas são essenciais para o controle de erosão e de enchentes, uma vez que são fundamentais na recarga do lençol freático, quando situadas em locais adequados.

CONCLUSÕES

O trabalho científico possibilitou conhecer a realidade da microbacia Ribeirão Água do Paredão, que está pouco preservado conforme o código florestal brasileiro vigente, apresentando ocupação agrícola em áreas que deveriam estar compostas por APPs, e juntamente com isso, testar a viabilidade e agilidade de ferramentas tecnológica existentes.

As técnicas e *softwares* SIG foram satisfatórias para a realização do trabalho, possibilitando a digitalização da base cartográfica, a elaboração de banco de dados, interpretação de satélite, a realização do cruzamento das informações e a produção do

mapa temático final dos conflitos nas APPs.

Desta forma, podemos ressaltar que com a grande expansão das atividades humanas sobre o ambiente, a demanda por tecnologias ambientais tem sido e deve estar presente no planejamento de utilização e fiscalização de áreas, por serem ferramentas com baixo custo e ágeis, fornecendo resultados confiáveis.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n º 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 out. 2012. 2012.

CAMPOS, S. et al. Evolução do Uso das Terras da Microbacia do Alto Capivara - Botucatu (SP). In: Anais...II Simpósio de Engenharia Rural. Bandeirantes, Paraná. 2009.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Mapa de Solos do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: Documentos 96, 2007, 73p.

GEBLER, L.; PALHARES, J.C.P. (Eds.) Gestão ambiental na agropecuária. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007. 310p.

MAGALHÃES, C. S.; FERREIRA, R. M. Áreas de Preservação Permanente em uma microbacia. Informe Agropecuário, Belo Horizonte. NARDINI, R. C. Determinação do conflito de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente da microbacia do ribeirão Água-Fria, Bofete (SP), visando a conservação dos recursos hídricos. 2009. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP. UNESP. 2009.

PELEGRIN, L. A. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao mapeamento do uso do solo: a Bacia do Rio Pará como um exemplo. 2001. 109p. Dissertação (Mestrado em Analise Espacial) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2001

SILVA, E. Código Florestal Brasileiro: função e áreas de preservação permanente. In: Simpósio Internacional sobre Ecossistemas Florestais, 4. 1996, Belo Horizonte. Anais... Rio de Janeiro: Biosfera, 1996. p. 48.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DO CÓRREGO SANTA FLORA, MUNICÍPIO DE DRACENA – SP

Rafael Calore Nardini

Luciano Nardini Gomes

Sérgio Campos

Gabriel Rondina Silveira

RESUMO: A caracterização morfométrica em bacias hidrográficas permite avaliar o comportamento dessas áreas, oferecendo dados importantes para o planejamento e preservação de recursos naturais. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a morfometria do córrego Santa Flora, município de Dracena – SP. Encontra-se entre as seguintes coordenadas UTM: 7604000m a 7614000m N e 432000m a 444000m E, com uma área de 3465,55ha. Os resultados apresentaram uma microbacia de 3a ordem de ramificação de canais e baixa densidade de drenagem (0,83km/km2). O índice de conformação (0,28), fator de forma (0,33) e o coeficiente de compacidade (1,30), indicam formato alongado. O índice de sinuosidade de 1,10 indica tendência a canais retilíneos e extensão do percurso superficial da enxurrada de 602,41m. A declividade média é de 4,5%, classificando o relevo como suave ondulado. Os parâmetros dimensionais juntamente com os índices morfométricos da forma, relevo, de composição e padrão da rede de drenagem permitiram inferir que a área apresenta baixa susceptibilidade a enchentes e riscos de erosões.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica. Morfometria. Parâmetros dimensionais.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE WATERSHED OF STREAM SANTA FLORA, CITY OF DRACENA (SP)

ABSTRACT: The morphometric characterization in river basins allows evaluating the behavior of these areas, providing important data for planning and preservation of natural resources. The present study aimed to characterize the morphology of the watershed of stream Santa Flora, City of Dracena - SP. It lies between the following UTM coordinates: 7604000m 7614000m the N and 432000m to 444000m E, with an area of 3465.55ha. The results showed a watershed 3rd order branching channels and low drainage density (0.83 km/km2). The conformation index (0.28), form factor (0.33) and the coefficient of compactness (1.30), indicate elongated shape. The sinuosity index of 1.10 indicates a tendency to rectilinear channels and extent of surface runoff route of 602.41m. The average slope is 4.5%, ranking as gently undulating relief. Dimensional parameters along with the standard drainage network morphometric indices of shape, relief, composition and allowed to infer that the area has low susceptibility to flooding and erosion risks.

KEYWORDS: Watershed. Morphometry. Dimensional parameters.

INTRODUÇÃO

A água vem sofrendo perdas significativas tanto em quantidade como em qualidade. Cada vez mais são comuns problemas relacionados à falta de água, onde fatores como o desperdício, falta de planejamento, ações antrópicas e o próprio clima contribuem para a escassez desse recurso de forma preocupante.

O planejamento em bacias hidrográficas é de suma importância, por se tratar de áreas de recarga do recurso natural água, para tanto se faz necessário uma correta utilização dos recursos naturais bem como o conhecimento do comportamento dessas áreas com a finalidade de obter dados que auxiliem no planejamento ambiental e preservação desse recurso.

As definições propostas para bacia hidrográfica assemelham-se ao conceito dado por Barrella et al., (2001), sendo definido como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

Os estudos em microbacias hidrográficas se iniciam com a análise da morfometria. É uma ferramenta de diagnóstico das condições fisiográficas naturais, seus parâmetros de análise, tais como: fator de forma, densidade de drenagem, declividade do terreno, entre outros, que servem como indicadores da suscetibilidade à degradação ambiental. Portanto, eles norteiam o planejamento, o manejo e as ações mitigadoras para a conservação e uso dos recursos naturais (RODRIGUES, 2004). Neste contexto, as características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (PISSARA et al., 2004).

A combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ANTONELLI e THOMAZ, 2007).

Os parâmetros morfométricos devem ser considerados no conjunto para caracterizar a bacia e devem ser utilizados como importantes pressupostos na elaboração de projetos de prevenção e defesa contra eventos hidrológicos, como estiagens e enchentes que

ocorrem na bacia hidrográfica (LINDNER et al., 2007).

Em estudos de morfometria na bacia hidrográfica do ribeirão Água da Lúcia, Botucatu-SP, Pollo et al., (2012) concluíram que a manutenção da cobertura vegetal e das matas ciliares são fundamentais na conservação dos serviços ambientais.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização da morfometria através da determinação e análise de alguns parâmetros físicos da microbacia do córrego Santa Flora, localizada no município de Dracena (SP).

MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do córrego Santa Flora está situada no município de Dracena, a oeste da capital do estado de São Paulo, sendo uma área representativa, pois está integrada à bacia hidrográfica dos rios Peixe - Aguapeí, e o Aquífero Guarani, considerado como uma das maiores reservas de água doce do planeta, fazendo com que o município seja muito privilegiado em relação aos recursos hídricos. Está situada geograficamente entre as seguintes coordenadas UTM: 7604000m a 7614000m N e 432000m a 444000m E, segundo a Figura 1, com uma área de 3465,55ha.

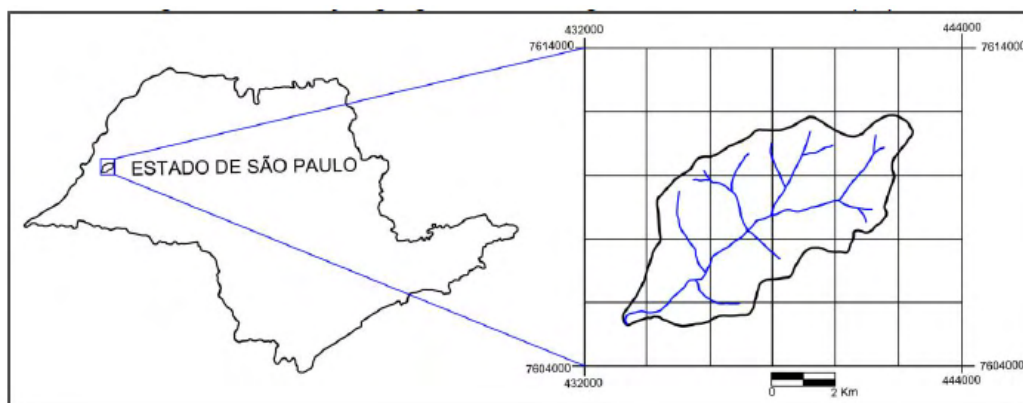



Figura 1. Localização geográfica do córrego Santa Flora, Dracena (SP).

A obtenção as coordenadas, do limite e da rede de drenagem da teve como base a carta planialtimétrica em formato digital, editada pelo IBGE (1974), folha de Jaciporã (SF-22-V-D-V-2), em escala 1:50000, datum vertical marégrafo Imbituba, SC, e datum horizontal Córrego Alegre, MG.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes nas cartas planialtimétricas e ligam os pontos mais elevados da região em torno

da drenagem (ARGENTO e CRUZ, 1996).

Com o auxílio do software *AutoCad* foi realizada a importação das cartas em formato digital, onde posteriormente realizou-se o georreferenciamento para definição do limite, acompanhando-se os pontos mais elevados em torno da rede de drenagem. As cotas altimétricas foram demarcadas com base nas cartas, bem como a rede de drenagem, digitalizando os rios e corpos d'água existentes na microbacia, através da ferramenta *Edit polyline*.

A determinação dos parâmetros dimensionais da microbacia como comprimento axial (C), correspondente a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas; largura média (Lm) que corta transversalmente o vale principal; comprimento do rio principal (Ccp) correspondendo à representação horizontal das sinuosidades do rio principal, desde sua nascente até a foz; comprimento total da rede de drenagem (Cr) que acompanha as sinuosidades do rio principal e dos tributários; perímetro (P) correspondente ao comprimento da linha do divisor de águas que circunda a microbacia e área (A); circunscrita pela linha do divisor de águas que delimita a microbacia, (Dv) distância vetorial (comprimento em linha reta) entre dois extremos do canal principal.

Foram realizadas selecionando-se com o cursor cada segmento de reta digitalizado, e, através do comando *properties* foram definidos os valores para os cálculos dos índices morfométricos.

CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS Á FORMA DA MICROBACIA:

Coeficiente de Compacidade (Kc): relação entre a forma da bacia com um círculo. De acordo com (VILLELA e MATTOS, 1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Se a bacia for irregular, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente inferior ou igual à unidade 1,0 corresponderia a uma bacia circular, para uma bacia alongada, seu valor seria superior a 1,0.

Quando seu Kc for mais próximo da unidade 1,0, a bacia será mais suscetível a enchentes (Tabela 1). Para a determinação do Kc utilizou-se a equação:

$$Kc = 0{,}28 * \left(P/A^{1/2}\right)$$

Onde:

Kc - Coeficiente de compacidade;

P - Perímetro em Km;

A - Área de drenagem em Km2.

O Fator de forma é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). Ele foi calculado a partir da equação:

$$Ff = Lm/C$$

Onde:

Ff - fator de forma;

Lm - largura média da bacia em km;

C - comprimento axial da bacia em km.

Uma bacia com fator de forma baixo indica que a mesma é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (VILLELA e MATTOS, 1975).

Índice de Conformação (Ic): Compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial. Quanto mais próximo de 1 (um) o valor de (Ic), ou seja, quanto mais a forma da bacia se aproximar da forma do quadrado do seu comprimento axial, maior a potencialidade de produção de picos de cheias (VILLELA e MATTOS, 1975). O (Ic) foi calculado a partir da equação:

$$Ic = A/C^2$$

Onde:

A – Área da bacia em Km2;

C – Comprimento axial da bacia em Km. 10

Ff	Ic	Kc	Formato da bacia	Interpretação ambiental da bacia
1,00 - 0,75	1,00 - 0,8	1,00 - 1,24	Redonda	alta tendência à enchentes
0,75 - 0,50	0,8 - 0,6	1,25 - 1,50	Ovalada	tendência mediana à enchentes
0,50 - 0,30	0,6 - 0,40	1,50 - 1,70	Oblonga	baixa tendência à enchentes
< 0,30	< 0,40	> 1,70	Comprida	microbacia com tendência a conservação

Tabela 1. Valores e interpretação de fator de forma (Ff), índice de conformação (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc) para bacias hidrográficas (Vilela e Mattos, 1975).

Características relacionadas á drenagem da bacia:

A ordem da bacia (W) é uma classificação da rede de drenagem, com a identificação e quantificação de todos os canais. Quanto maior for à ordem do rio principal, maior será a quantidade de rios existentes e maior será também sua extensão. Todos os cursos d'água sem tributários são de primeira ordem, inclusive os trechos da nascente do rio principal e dos afluentes. Trechos de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois canais de dois trechos de primeira ordem. Trechos de terceira ordem são formados pela confluência de dois trechos de Segunda ordem. Um trecho de ordem u é estabelecido pela confluência de dois trechos de ordem u-i, podendo receber afluência de trechos de qualquer ordem inferior (STRAHLER, 1957). Nesse estudo foi utilizada a classificação segundo Strahler (1957) para a ordem dos canais.

Extensão do Percurso Superficial (Eps): A extensão do percurso superficial da água de enxurrada (*Eps)* representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente e foi determinada pela fórmula (CHRISTOFOLETTI, 1969):

$$Eps = (1/2 * Dd) * 1000$$

Onde:

Eps - Extensão do percurso superficial da água de enxurrada em Km;

Dd - Densidade de drenagem em Km/Km2.

O coeficiente de manutenção dos canais (Cm) foi proposto por Schumm (1956), como o inverso da densidade de drenagem. Essa constante, cuja unidade é quilômetros quadrados por quilômetros, tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de contribuição aumenta. Especificamente, ela nmostra a área de drenagem necessária em quilômetros quadrados, para sustentar um quilômetro linear de canal.

$$Cm = 1/(Dd * 100) * 100$$

Onde:

Cm - Coeficiente de manutenção;

Dd - Densidade de drenagem em Km/Km2.

A Relação de bifurcação é a relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior. Christofoletti (1980) indica que o resultado não poderá ser inferior a dois, utilizando a seguinte equação:

$$Rb = Nu/Nu + 1$$

Onde:

Rb - relação de bifurcação, adimensional;

Nu = número de segmentos de determinada ordem;

Nu+1 = número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Estes valores indicam o grau de dissecação da bacia hidrográfica, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso (CASTRO e CARVALHO, 2009).

A razão de textura é a relação do número de segmentos de rios e o perímetro da bacia, onde à medida que o relevo passa de suave ondulado para ondulado, os valores médios da razão de textura (T) aumentam refletindo num mesmo ambiente climático, condição em que a infiltração da água encontra maior dificuldade. O escoamento superficial é mais intenso e provoca, consequentemente, maior dissecação hídrica do terreno, aspecto similar ao de ravinas. A razão de textura foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$Rb = Nu/Nu + 1$$

Onde:

T – razão de Textura;

Nt – número total de rios;

P – perímetro em Km. 12

Segundo França (1968), a razão de textura pode ser classificada da seguinte forma: valores menores que 2,5 é classificada como grosseira, entre 2,5 e 6,2 média e acima de 6,2 como fina.

O índice de sinuosidade relaciona o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre dois extremos do canal principal, de acordo com a equação:

$$Is = Ccp/dv$$

Onde:

Is - Índice de sinuosidade;

Ccp - Comprimento do canal principal em Km;

Dv - Distância vetorial em Km.

Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e os valores tortuosos indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (Lana et al, 2001).

A Densidade de Drenagem (Dd) é expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede – sejam eles perenes ou intermitentes e a área total da bacia, conforme a equação:

$$Dd = Cr/A$$

Onde:

Dd - densidade de drenagem, km/ km2;

Cr - comprimento total de todos os cursos d'águas em km;

A – área da bacia.

Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (GUARIZ, 2008).

De acordo com Christofoletti (1980), o cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

França (1968) classificou a densidade de drenagem em: baixa (< 1,5), média (1,5 a 2,5) e alta (2,5 a 3,5) de acordo com a (Tabela 2).

Dd	Interpretação Ambiental	Interpretação ambiental da bacia
< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,50 – 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficia
2,5 – 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas.
> 3,0	Super alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão.

Tabela 2. Valores e interpretação de densidade de drenagem (Adaptado de: (Horton 1945, Strahler 1957, França 1968).

Características relacionadas ao relevo da bacia

A Razão de relevo, conforme Schumm (1956) é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da bacia (H) e o seu maior comprimento (C), que corresponde à direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas, determinado pela equação:

$$Rr = H/C$$

Onde:

Rr - Razão de relevo;

H - Maior altitude em m;

C - Maior comprimento em m.

A razão de relevo permite comparar a altimetria das regiões, demonstrando que, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo predominante na região, maior será o escoamento superficial direto (Qds) da água das chuvas, o que reflete numa menor relação infiltração deflúvio, provocando erosão. A razão de relevo indica o declive total ou declividade geral da bacia (Strahler, 1957). Piedade (1980) classificou a razão de relevo em três classes: baixa, média e alta, sendo a razão de relevo baixa entre (0 a 0,1), a razão de relevo média entre (0,11 a 0,30) e razão de relevo alta (0,31 a 0,60).

A Declividade média (D%) é a somatória do comprimento das cotas (S Cn) em Km pela equidistância vertical entre as cotas (DH), pela área (A) em Km2 (Lima, 1986), calculada através da seguinte equação:

$$D(\%) = (\sum Cn * \Delta H)/A$$

Onde:

D - declividade média da bacia em %;

Cn - somatória das curvas de nível da bacia em Km;

ΔH - equidistância vertical entre curvas de nível em Km;

A - área da bacia em Km^2.

As classes de declividade foram separadas em seis intervalos segundo a Embrapa (1999), onde o intervalo de 0 a 3% é classificado como relevo plano; de 3 a 6% suave ondulado; de 6 a 12% ondulado; de 12 a 20% forte ondulado; de 20 a 40% montanhoso; e maior que 40% escarpado.

A Altitude média (Hm) e Amplitude Altimétrica (H), de acordo com (CASTRO e

LOPES, 2001), citados por Guariz (2008), a altitude influencia a quantidade de radiação que ela recebe e, consequentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração. A altitude média é calculada pela somatória da maior cota (MA) menos a menor cota (mA) dividido por 2. A amplitude altimétrica é dada pela maior cota (MA) menos a menor (mA) da bacia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 3 podemos verificar os resultados dos parâmetros dimensionais, quanto à forma e ao relevo da microbacia e para os índices dos padrões de drenagem.

Características físicas da microbacia	Unidade	Resultados
Parâmetros Dimensionais		
Área (A)	km^2	34,65
Perímetro (P)	Km	27,35
Comprimento Axial (C)	Km	10,98
Comprimento da drenagem (Cr)	Km	28,88
Comprimento das cotas (Cn)	Km	78,70
Comprimento do canal principal (Ccp)	Km	10,98
Características da Forma e Relevo		
Declividade média (D)	%	4,5
Altitude média (Hm)	M	343
Maior altitude (MA)	M	406
Menor altitude (mA)	M	280
Amplitude altimétrica da microbacia (H)	M	126
Razão de Relevo (Rr)	-	0,03
Fator de Forma (Ff)	-	0,33
Índice de Conformação (Ic)	-	0,28
Coeficiente de Compacidade (Kc)	-	1,30
Indices Padrões de Drenagem		
Ordem da microbacia (W)	-	3ª
Densidade de Drenagem (Dd)	(km/km^2)	0,83
Coeficiente de Manutenção (Cm)	(km^2/km)	1,20
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	M	602,41
Razão de Textura (T)	%	0,66
Índice de Sinuosidade (Is)	-	1,29

Tabela 3. Características físicas do córrego Santa Flora, Dracena (SP).

Características relacionadas à forma da microbacia

As bacias com formato circular apresentam maior potencialidade de picos de cheias, sendo fator de risco aos processos erosivos que bacias de formato alongado. Osresultadospara o Coeficiente de Compacidade(1,30), Fator de Forma (0,33) e Índice de Conformação (0,28) demonstram que a microbacia possui formato mais alongado que circular (Tabela 1, Figura 2), e, segundo (VILLELA e MATTOS, 1975), esse tipo de formato torna a área menos susceptível a picos de enchentes, tendendo à maior conservação.

Características relacionadas à drenagem da microbacia

Quanto à ordem (Figura 2 e Tabela 4), foram identificados e quantificados todos os canais da rede de drenagem, com um comprimento total de 28,88Km de extensão. A microbacia possui 13 canais de primeira ordem (Nw1); 4 canais de 2º ordem (Nw2) e 1 canal de 3º ordem (Nw3), sendo portanto de 3º ordem de ramificação segundo o sistema de classificação proposto por (Strahler, 1957).

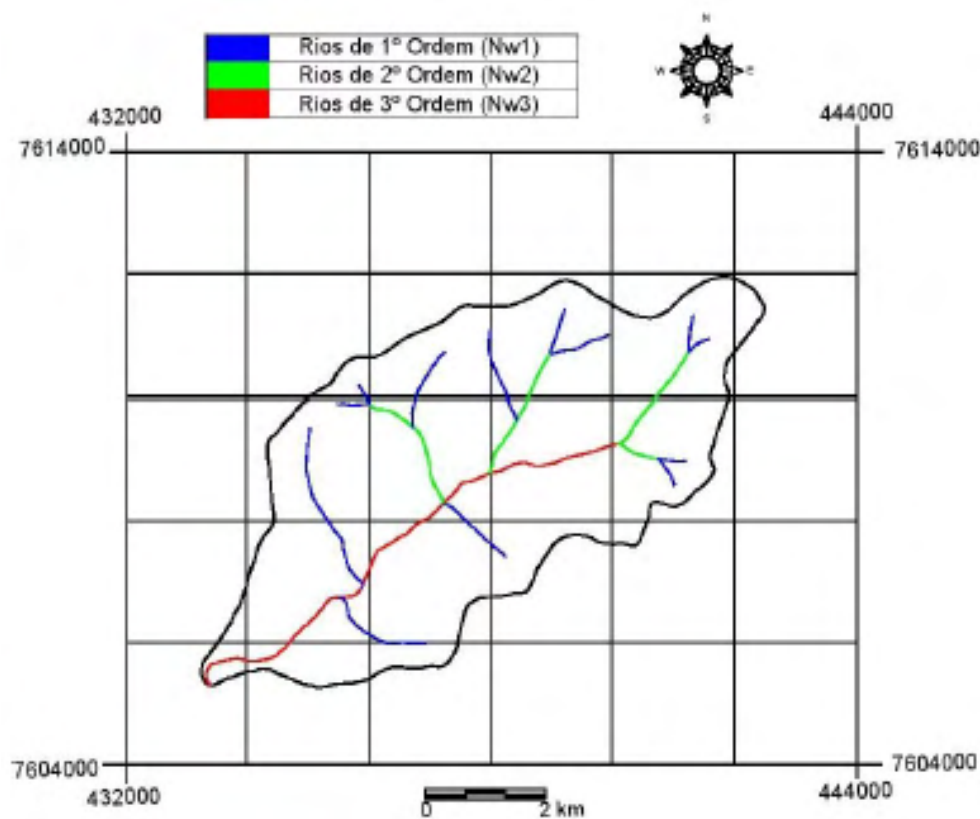



Figura 2. Ordem de ramificação do córrego Santa Flora, Dracena (SP).

Rios	Quantidade	Valores (km)
1ª Ordem	13	13,48
2ª Ordem	4	6,92
3ª Ordem	1	8,48
Total	18	28,88

Tabela 4. Ordem de ramificação do córrego Santa Flora, Dracena (SP).

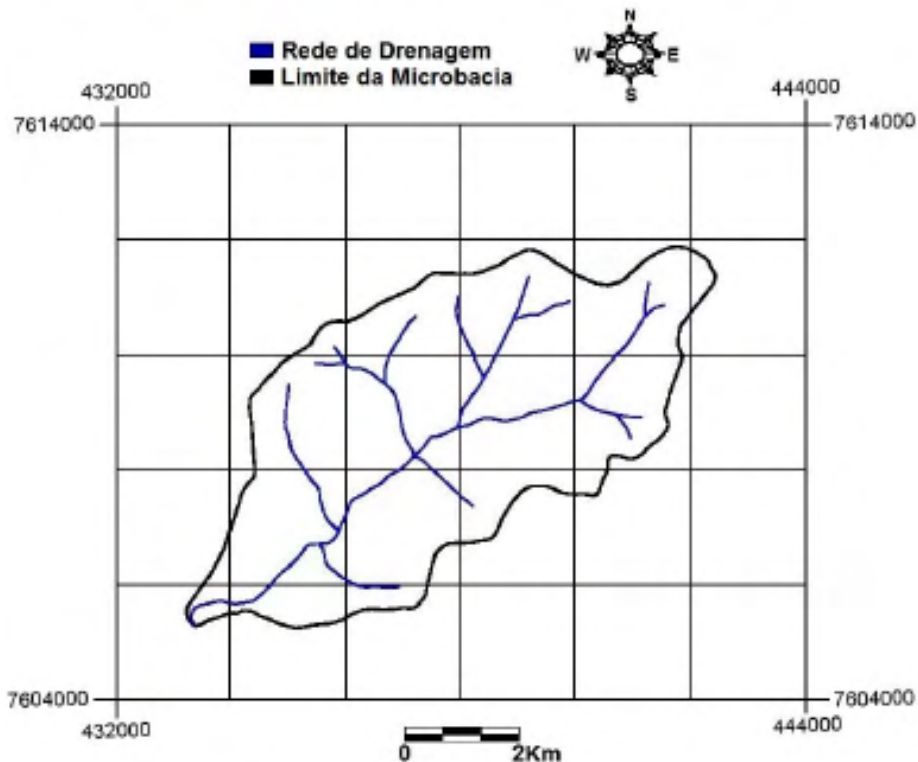
A extensão do percurso superficial (*Eps*), distância percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente é de 602,41 metros.

O coeficiente de manutenção dos canais (Cm) demonstrou que é preciso 1,20Km2 de área para manter ativo 1Km de canal fluvial.

A Relação de bifurcação é de 3,62. Quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, ou seja, maior é a área ocupada pelas vertentes. Valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso (CASTRO e CARVALHO, 2009). Segundo Strahler (1952), o estudo de numerosos sistemas fluviais confirma o princípio de que uma região de clima, litologia e estado de desenvolvimento uniforme, a relação de bifurcação tende a permanecer constante de uma ordem para a seguinte. Os valores desta relação que oscilam entre 3 e 5 são característicos dos sistemas fluviais e sugere se tratar de bacias equilibradas.

A razão de textura (T) foi classificada como grosseira, com valor de 0,66, uma vez que segundo Smith (1950) e modificada por França (1968), corresponde à relação entre o número total de canais e seu perímetro (P), classificando as classes de textura topográfica em: grosseira (T < 2,5); média (T entre 2,5 a 6,2); e fina (T > 6,2).

O índice de sinuosidade apresentou valor de 1,10 (Figura 3), indicando a tendência de canais retilíneos. Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos, formas transicionais regulares e irregulares. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (Lana et al, 2001).

A densidade de drenagem da microbacia é de 0,83Km/Km2 (Figura 3), considerada baixa, segundo a classificação proposta por França (1968). De acordo com Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km2 em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km2, ou mais, em bacias bem drenadas. Bacias com baixa densidade de drenagem tendem a um baixo escoamento superficial e maior infiltração, fazendo com que a água deixe a bacia hidrográfica com menor velocidade, potencializando riscos de erosão. Baseado em estudos de Rocha (1991) pode-se inferir ainda que bacias com menor densidade de drenagem possuem um relevo mais suave, rochas resistentes, solo muito permeável ou cobertura vegetal densa.

b Hidrografia do córrego Santa Flora, Dracena (SP).

Características relacionadas ao relevo da microbacia

O valor da razão de relevo (0,03) é considerado baixo, segundo Piedade (1980) e permite inferir que o relevo predominante da área não é acidentado, sendo menor o escoamento superficial da água das chuvas, o que reflete numa maior relação infiltração deflúvio, evitando processos erosivos. A amplitude altimétrica é a diferença entre a cota máxima e mínima, sendo a maior altitude (AM) de 406 metros á montante da microbacia e menor altitude (Am) de 280 metros á jusante da mesma. A altitude média da microbacia (Hm) é de 343 metros e o comprimento das cotas de 78,70km (Figura 4).

A declividade média encontrada da microbacia é de 4,5%. A classe de declive predominante (81,62% do total da área da microbacia) se encontra no intervalo de 0 – 3% (Figura 5), classificando o relevo como "plano" de acordo com as classes de declividades e tipos de relevo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (1999). Relevos com menor declividade apresentam menor velocidade de escoamento superficial das águas pluviais, diminuindo o lixiviamento do solo e riscos de erosão.

Limite da Microbacia
Curvas de Nível
Altitudes

432000 — 444000
7614000 — 7604000
0 — 2 km

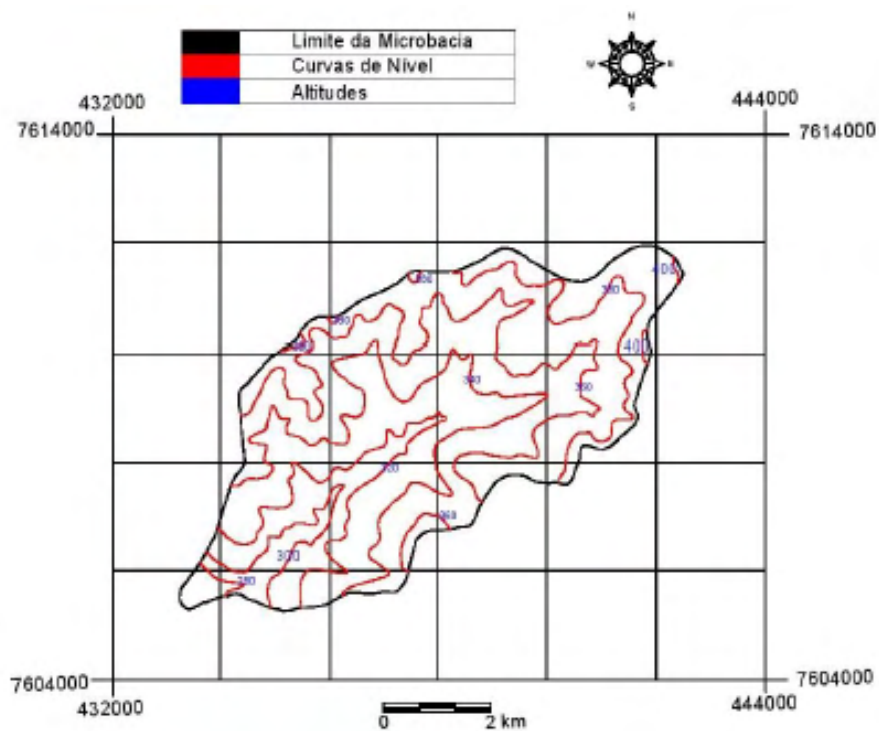



Figura 4. Planialtimetria do córrego Santa Flora, Dracena (SP).

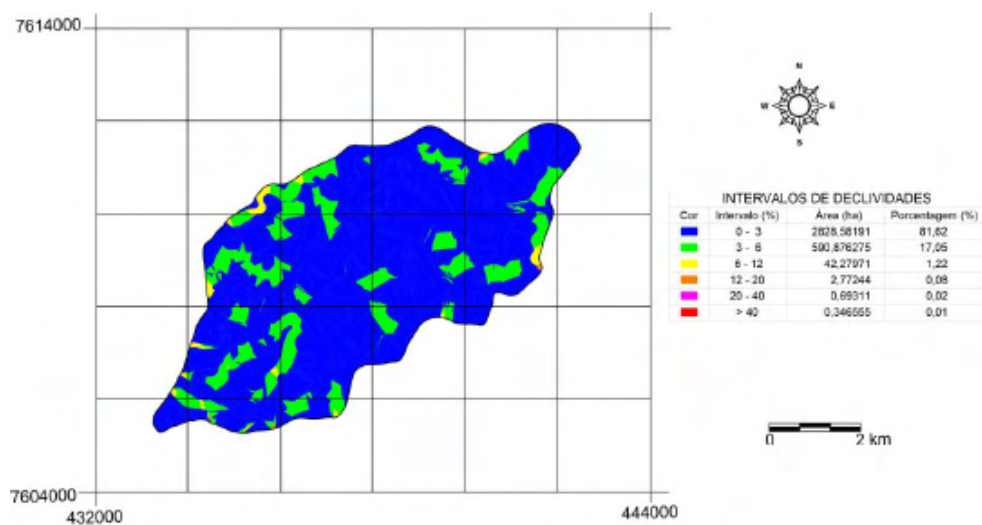



Figura 5. Classes de declive do córrego Santa Flora, Dracena (SP).

CONCLUSÕES

Os valores encontrados para o fator de forma, coeficiente de compacidade e índice de conformação, demonstram que a microbacia possui forma alongada, o que caracteriza uma baixa tendência a enchentes. A microbacia vem sendo ocupada em sua maior parte por cana-de-açúcar, e possui pouca cobertura vegetal natural, principalmente no que se refere às áreas de preservação permanente, sendo um fator de risco ao processo erosivo e consequente assoreamento dos canais.

O índice de sinuosidade demonstrou tendência a canais retilíneos e a baixa densidade e drenagem permitiu inferir que o solo é permeável com infiltração da água mais eficiente, porém oferecendo riscos de erosão pela menor velocidade com que a água deixa a bacia principalmente na condição de fortes precipitações.

A classe de declive predominante para a microbacia com mais de 80% da área total esta no intervalo de 0 – 3%, permitindo classificar o relevo como plano. Esse índice juntamente com a baixa razão de relevo mostra que a área é pouco acidentada, sendo menor o escoamento superficial da água das chuvas, o que reflete numa maior relação infiltração deflúvio. A menor velocidade de escoamento das águas pluviais oferecem menores riscos de erosão, contudo práticas conservacionistas não devem ser descartadas, principalmente a construção de terraços em nível, juntamente com uma boa cobertura vegetal ao redor de nascentes e ao longo da rede de drenagem, uma vez que a vegetação ciliar é de fundamental importância na manutenção dos recursos hídricos.

A caracterização dos índices morfométricos da área de estudo permitiram uma melhor avaliação do comportamento da microbacia, sendo fator importante em planejamentos futuros e na preservação de recursos naturais, levando-se em consideração que há na região um Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe, com a competência estabelecida em seu Estatuto de gerenciar os recursos hídricos, visando à sua recuperação, preservação e conservação.

REFERÊNCIAS

ARGENTO, M. S. F.; CRUZ, C. B. M. Mapeamento geomorfológico. In: Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.264-82, 1996.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In:

RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2ºed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.188p.

CASTRO, S.B.; CARVALHO, T.M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo-GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Scientia plena, v.5, n.2. 2009

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF, 1999. 412 p.

FRANÇA, G. V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. 1968. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

GUARIZ, H.R. Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES. 2008. 275 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hidrophysical approach to quatitative morphology. New York: Geological Society of American Bulletin, v.56. p. 807-813, 1945.

LANA, C.L.; ALVES, J.M. de P.; CASTRO, P de T.A. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil. Rev. Escola de Minas, Ouro Preto, n.2, p.121-126, mar.2001.

LIMA, W. P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba: Ed. ESALQ, 1986. 241 p.

LINDNER, E.; GOMIG, K.; KOBIYAMA, M. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe, SC.In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis, Brasil. Anais... Florianópolis: INPE, 2007. p. 3405-3412.

PIEDADE, G.C.R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. Botucatu, 1980. 161 p. (Tese de Livre Docência) - FCA/UNESP, 1980.

PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). Rev. Bras. Ciências do Solo, Viçosa, n.28, p.297-305, 2004.

POLLO, R. A. et al. Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu - SP. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 163-174, 2012.

ROCHA, J. S. M. da. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. UFSM, Santa Maria. 1991, 181 p.

RODRIGUES, V. A. Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: WORKSHOP EM MANEJO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 8., 2004, Botucatu. Anais... UNESP, 2004. p. 7-18.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. Bulletin of the Geological Society of America, Colorado, 67:597-646, 1956.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. American Journal of Science, New Haven, p. 655-658, set.1950.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. The Geological Society of American, Washington, p. 1117-1142. 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analyses of watershed geomorphology. Transactions of American Geophysical Union, Washington, DC, v. 38, p. 913-920, 1957.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO CÓRREGO MARIA PIRES, SANTA MARIA DA SERRA, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Fernando Doriguel

Sérgio Campos

Osmar Delmanto Junior

RESUMO: A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos realizados em análises ambientais e hidrológicas, no intuito de diagnosticar mudanças com ou sem interferência das atividades humanas, buscando o entendimento da dinâmica ambiental local e regional. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo a caracterização da morfometria do córrego Maria Pires. A área do estudo está localizada no município de Santa Maria da Serra - SP, cujas coordenadas geográficas localizam-se entre os paralelos 48° 06` 02" a 48° 08` 32" W GR e meridianos 22° 34` 04" a 22° 36` 41" S, com altitude média de 495 metros. Os resultados apresentaram uma microbacia de 3a ordem com área de 53,53 Km2, a declividade média do relevo possui índice de 1,80% que foi definida como plano, assim tendo como aplicação da cultura soja, milho, trigo e a conservação do solo, no índice de circularidade da bacia estudada foi considerada alongada. O coeficiente de compacidade é apontado como suscetível a enchentes e o coeficiente de rugosidade determinou-se como apropriado para pastagem e pecuária. O fator de forma foi considerado tendencioso a conservação da drenagem e a razão do relevo obtiveram declividade baixa favorecendo, assim, uma melhor infiltração na conservação da microbacia.

PALAVRAS-CHAVE: Análise morfométrica, bacia hidrográfica, hidrologia.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF MARIA PIRES STREAM WATERSHED, IN SANTA MARIA DA SERRA, SAO PAULO STATE, BRAZIL

ABSTRACT: Morphometric characterization of a watershed is one of the first and most common procedures carried out in environmental and hydrological analysis. It aims at understanding local and regional environmental dynamics in order to identify changes, either involving or not, human activities interference. Thus, this paper aimed at characterizing morphometric aspects of Maria Pires stream. The studied area is set at the town of Santa Maria da Serra, SP, with geographical coordinates located between the parallel 48º 06' 02" and 48º 08' 32" W GR and meridians 22º 34' 04" S and 22º 36' 41" W GR, with an average altitude of 495 meters. Results showed that Maria Pires stream is a third level watershed, measuring 53.53 Km^2, with low relief slope with soyabens, corn, and wheat crops. Soil conservation within circularity index of the studied watershed was considered elongated. Compactness coefficient is identified

as susceptible to flooding and roughness coefficient was determined as suitable for pasture and livestock. Form factor was considered biased to drainage conservation and regarding the low relief, it was considered favorable to a better infiltration for conservation of watershed.
KEYWORDS: Morfometric analysis, watershed, hidrology.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas têm uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir oescoamento para um único ponto de saída. Então pode ser considerada um ente sistêmico. É onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejamdelineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos (PORTO e PORTO, 2008).

Para avaliar o possível efeito de qualquer perturbação numa bacia hidrográfica, é necessário conhecer, inicialmente, as características do ecossistema em suas condições naturais de equilíbrio, a fim de estabelecer comparações entre as condições hidrológicas e de qualidade da água no ecossistema natural e os ecossistemas nos quais ocorre ação direta do homem (SANTOS et al., 2007).

Por meio das florestas de proteção ambiental, é possível proteger as nascentes e os cursos d'água, minimizar a erosão, preservar a fauna dentre outras proteções. O Código Florestal considera como a preservação permanente as matas ciliares, nome que se dá à vegetação ao redor de nascentes, assim como a preservação dos picos de morros e encostas íngremes (MACEDO, 1993).

Nesse sentido, a morfometria é uma ferramenta fundamental no diagnóstico de susceptibilidade à degradação ambiental, delimitação da zona ripária, planejamento e manejo de microbacias (MOREIRA; RODRIGUES, 2010), pois a sua caracterização permite descrever a formação geomorfológica da paisagem em sua variação topográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980), bem como possui um papel significativo no condicionamento de respostas ligadas à erosão hídrica, gerado após eventos pluviométricos relevantes (ARRAES et al., 2010).

Diante desse contexto, este trabalho teve como principal objetivo quantificar a caracterização morfométrica do córrego Maria Pires, o qual encontra-se no município de Santa Maria da Serra, localizado na região do planalto central paulista do Estado de São Paulo, visando descrever o relevo local.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para o presente estudo, como premissa básica para o seu desenvolvimento, foram coletados em uma bacia hidrográfica um afluente do rio Piracicaba no munícipio de Santa Maria da Serra no estado de São Paulo localizado na microrregião

de Piracicaba que tem como vizinho os municípios de Anhembi, Torrinha e Dois Córrego.

A partir da carta topográfica, editadas pelo Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística (IBGE) 1974, em escala 1:50.000, com equidistância vertical entre curvas de nível de 20 em 20 metros com relevo ondulado, folha Santa Maria da Serra, SF-22-Z-B-VI-2.

A área está localizada nas coordenadas geográficas entre os paralelos 48° 06` 02” e 48° 08` 32” W GR e meridianos 22° 34` 04” e 22° 36` 41” S, no Estado de São Paulo, Brasil, com altitude média de 495 metros acima do nível do mar (Figura 1).

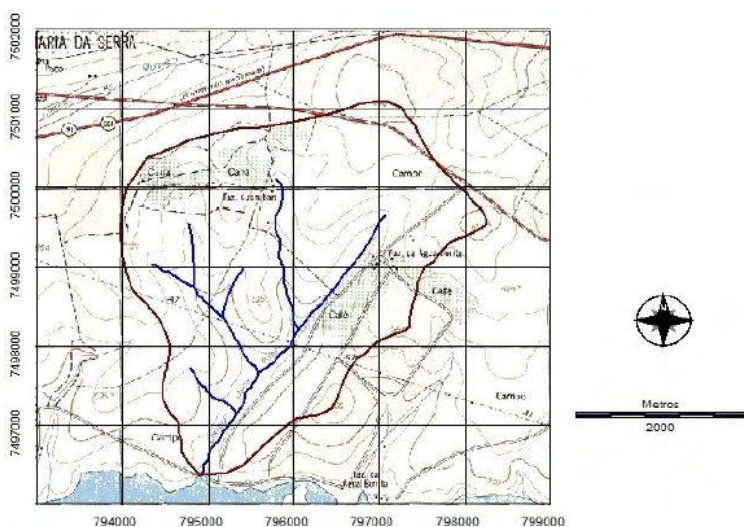



Figura 1 - *Bacia hidrográfica do córrego Maria Pires, Santa Maria da Serra - SP.*

MÉTODOS

Para o estudo utilizou-se de variáveis morfométricas de uma bacia hidrográfica, córrego Maria Pires, localizada no munícipio de Santa Maria da Serra/SP, além das variáveis relativas à composição da rede de drenagem e relevo desta microbacia.

O córrego Maria Pires é um afluente do rio Piracicaba que forma um braço do rio, sendo um dos mais importantes rios para navegação fluvial do estado de São Paulo.

Para a delimitação da bacia objeto de estudo foi utilizado uma mesa digitalizadora da marca Digicon modelo MDD1812 e um curvímetro analógico modelo 78 Freiberger.

Caracterização de composição e padrão de drenagem

Na caracterização da composição e padrão de drenagem foi utilizado a metodologia

proposta por Christofoletti (1969) analisado-se os parâmetros relativos à densidade da drenagem (Dd), extensão do percurso superficial (Eps), extensão média do escoamento superficial (I), textura da topografia (Tt), coeficiente de manutenção (Cm), rugosidade topográfica (Rt) e o índice de forma (K).

O fator de forma (Kf) foi determinado pela metodologia utilizada por Almeida (2007).

Para a análise morfométrica da bacia hidrográfica corrégo Maria Pires, obteve-se diferentes características físicas no estudo abordando-se, principalmente, os parâmetros dimensionais da microbacia, características do relevo e índices padrões de drenagem da bacia.

Para a determinação da declividade média (H) utilizou-se a equação descrita por Lepsch et al. (1991) e as classes de declividade, conforme Equação 1 e Quadro 1.

$$H = \frac{D.L}{A} \cdot 100 \qquad (1)$$

Onde:

H: declividade média em %;

D: distância entre as curvas de nível em metro;

L: comprimento total das curvas de nível em metro;

A: área da microbacia em m2.

Classes de declividade	(%) Relevo/cor característica
0 – 3	Plano/verde claro
3 – 6	Suave ondulado/amarelo
6 – 12	Ondulado/vermelho
12 – 20	Forte ondulado/azul
20 – 40	Montanhoso/verde escuro
> 40	Escarpado/roxo

Quadro 1 – Classes de Declividade e Relevo (Lepsch et al., 1991).

Para a utilização do coeficiente de rugosidade (CR)utilizou-se a metodologia descrita por Rocha e Kurtz (2001), que tem como característica principal o uso potencial das terras rurais para a agricultura, pecuária, silvicultura com reflorestamento ou preservação permanente, desse modo, os autores obtiveram as seguintes classificações: A (menor valor

de CR) – terras apropriadas à agricultura; B – terras apropriadas à pecuária; C – terras apropriadas à pecuária e reflorestamento e D (maior valor de CR) – terras apropriadas para florestas e reflorestamento.

A caracterização das classes do uso potencial da terra de cada microbacia foram obtidas através do cálculo da amplitude, que é a diferença entre o maior e o menor valor de CR encontrada para as bacias de terceira ordem de ramificação e o intervalo de domínio – amplitude dividida por 4 – que é o número de classes preconizadas pelo método de *Sicco Smith* (ROCHA e KURTZ, 2001).

Os autores utilizaram-se da equação: CR = Dd . H, em que, CR: coeficiente de rugosidade, Dd, densidade de drenagem e H: declividade média.

Densidade de drenagem (Dd) é a correlação do comprimento total dos rios com a área da bacia, sendo obtida a partir da Equação 2 segundo a metodologia descrita por Silva et al. (2004):

$$Dd = \frac{\sum Cc}{A} \qquad (2)$$

Onde:

Dd - Densidade de drenagem em km/km2;

Cc - Comprimento total dos rios ou canais em km;

A - Área da bacia [km2].

O resultado encontrado para o parâmetro densidade de drenagem pode ser interpretado de acordo com o Quadro 2 elaborado por Christofoletti (1974).

Classes de Valores (km^2)	Densidade de drenagem
< 7,5	Baixa
7,5 a 10,0	Média
10	Alta

Quadro 2 - Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem (Christofoletti, 1974).

O Índice de circularidade (Ic) foi utilizado segundo a metodologia descrita por Silva et al. (2004) caracterizando-se a relação entre o perímetro e a área da bacia. Assim, foi preconizado por Cardoso et al. (2006) que o índice tende para a unidade 1,0 à medida que a bacia se aproxima da forma circular, diminuindo à medida que a forma torna-se alongada. Dessa maneira, empregou-se a Equação 3:

$$Ic = \frac{12{,}7 \times A}{p2} \qquad (3)$$

Onde:

Ic - Índice de circularidade;

P - Perímetro da bacia em km;

A - Área da bacia em km2.

Para a determinação do coeficiente de compacidade (Kc) utilizou-se da metodologia descrita por Vilella e Mattos (1975) se a bacia for irregular, maior será o coeficiente de compacidade e menos sujeita à enchentes, sendo: Kc entre 1 – 1,25 (redondas para ovaladas); e, entre 1,25 – 1,50 (ovaladas); entre 1,50 – 1,70 (blongas). Na determinação do Kc utilizou-se da Equação 4:

$$KC = 0{,}28.P\sqrt{A} \qquad (4)$$

Onde:

Kc - Coeficiente de compacidade;

P - Perímetro em metros;

A - Área de drenagem em m2.

Para o fator de forma (Kf) utilizou-se da equação descrita por Villela e Mattos (1975) apresentada a partir da Equação 5, a seguir:

$$Kf = \frac{A}{L^2} \qquad (5)$$

Onde:

Kf - fator de forma;

A - área de drenagem em m^2;

L - comprimento do eixo da bacia em metro.

A Razão do relevo (Rr) é preconizada segundo estudos realizados por (SCHUMM, 1956); (PIEDADE, 1980); (CARVALHO, 1981) utilizando-se os seguintes valores para quantificar a razão de relevo: Razão de relevo baixa de 0,00 a 0,10; média - 0,11 a 0,30 e alta - 0,31 a 0,60.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização de composição e padrão de drenagem

Da metodologia utilizada no estudo foi possível obter a caracterização da composição e padrão de drenagem da microbacia do córrego Maria Pires, onde foram analisados os parâmetros morfométricas da microbacia (Tabela 1).

Desse modo, as características morfométricas indicam as relações entre a rede de drenagem e a respectiva área drenada, refletindo a fisiografia e a dinâmica fluvial da bacia hidrográfica relacionada à manifestação dos processos de formação e degradação das superfícies (PISSARA et al., 2010).

Características físicas	Unidades	Resultados
Parâmetros dimensionais da microbacia		
Área (A)	Km^2	53,53
Perímetro (P)	Km	29,52
Comprimento (C)	Km	4,00
Comprimento da rede drenagem (Cr)	Km	8,00
Comprimento do rio principal (Cp)	Km	4,00
Comprimento nível total (Ct)	Km	48,30
Características do relevo		
Coeficiente de compacidade (Kc)	---	1,13
Fator forma (Kf)	---	0,023
Índice de circularidade (Ic)	---	0,19
Declividade média (D)	%	1,80
Altitude média (Hm)	M	570
Maior altitude (Ma)	M	610
Menor altitude (mA)	M	530
Coeficiente de rugosidade (Cr)	---	26,06
Razão do relevo (Rr)	---	0,027
Índices padrões de drenagem da bacia		
Ordem da microbacia (W)	---	3ª
Densidade de drenagem (Dd)	(Km/Km^{-2})	3,61

Tabela 1 - Características físicas da microbacia córrego Maria Pires, Santa Maria da Serra/SP.

Os resultados da caracterização da microbacia do córrego Maria Pires foram apresentados na Tabela 1, que, demostram que a área encontrada na bacia em estudo possui aproximadamente 53,53 km2 e enquanto o seu perímetro encontrado foi de 29,52 km.

A Tabela 1 apresenta a declividade média da microbacia sendo de 1,80% enquadrando-se na classe plano do relevo entre os índices de 0% a 3% de declividade, caracterizando-se como relevo plano, segundo estudos realizados por Rocha e Kurtz (2001) essa declividade é suscetível para agricultura no plantio de monoculturas tais como a soja, trigo ou milho. Uma vez que a declividade pode influenciar sobre o escoamento superficial e, consequentemente, sobre o processo de erosão, que resulta em perdas de

solo, água, matéria orgânica, nutrientes e microfauna, provocando, assim, assoreamento e eutrofização dos corpos d´água (TONELLO et al., 2006).

A densidade de drenagem encontrada na microbacia do córrego Ribeirão Pires, 3,61 Km.Km-2, mostra uma baixa capacidade de drenagem, segundo Christofoletti (1974) o resultado encontrado vai de encontro com as pesquisas elaboradas por Villela e Mattos (1975), pois esse índice varia de 0,5 Km.Km2, para bacia com baixa drenagem, a 3,5, ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

O índice de circularidade (IC) encontrado com valor de 0,19 mostra que a bacia estudada possui uma forma alongada e segundo os estudos realizados por Alves e Castro (2003) mostram que valores do IC menor que 0,51, a bacia é mais alongada favorecendo desta forma a infiltração, aumentando o tempo de concentração na microbacia.

Ainda por meio dos resultados da tabela 1 pôde-se verificar os valores envolvendo a caracterização da microbacia em estudo do coeficiente de compacidade (Kc), cujo o coeficiente se apresenta suscetível a enchentes, dado ao coeficiente 1,13 estar próximo a 1.

De acordo com os resultados apresentado por Cardoso(2006) pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do rio que foi estudado em seu artigo mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, pelo fato do coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade do coeficiente entre 1,50 e 1,79.

Segundo Rocha e Kurtz (2001) onde os coeficientes de rugosidade estão distribuídos em quatro classes, A, B, C, D, respectivamente, para agricultura, pastagens, pastagens/reflorestamento e somente reflorestamento.

Nesse sentido, o coeficiente rugosidade apresentado na bacia em estudo tem o valor de 26,06 que está relacionada na faixa da classe B, assim, essa bacia se caracteriza no uso de suas terras para a pastagem e pecuária.

O fator de forma da bacia (Tabela 1) em estudo considerada o valor de 0,023, que tem características de forma comprida, cuja bacia é considerada tendenciosa a conservação da drenagem, isso contribui com uma melhor infiltração ao solo. Com esse valor a microbacia não tem forma circular, possuindo neste caso, uma forma alongada e pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação (CARDOSO et al., 2006).

A baixa razão do relevo de 0,027 (Tabela 1) aponta que a bacia em estudo apresenta uma declividade baixa, bem como uma velocidade da água relativamente baixa em direção ao seu maior comprimento, favorecendo dessa maneira uma melhor infiltração de água. Esses resultados são confirmados por Pollo et al. (2012) que encontram um valor de 0,023 considerado baixo, indicando uma menor velocidade de escoamento superficial, possibilitando assim, uma melhor infiltração de água no solo.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a bacia hidrográfica do córrego Maria Pires permitiu classificá-la como de terceira ordem de magnitude.

Na análise morfométrica do coeficiente de compacidade e o índice de circularidade permitiu constatar que esta apresenta forma alongada e pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação.

A configuração topográfica natural do sistema de drenagem apresenta densidade drenagem média, ocorrendo maior escoamento superficial e maior infiltração da água das chuvas.

Contudo, os resultados da análise morfométrica da microbacia estudada apresenta declividade média da bacia como baixa e relevo plano, sendo apropriada ao cultivo de soja, milho, cana-de-açúcar e trigo evidenciando a colheita mecanizada e favorecendo a conservação do solo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.Q. Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES. 2007, 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitoria, 2007.

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfología da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parámetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 33, n. 2, p.117-127, 2003.

ARRAES, C. L.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; ZANATA, M.; CAMPOS, S. Marfometria dos compartimentos hidrológicos do municipio de Jabotical, SP. Revista Unopar Científica, Ciências Exatas e Tecnológicas, v.9, p.27-32, 2010.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARVALHO, W.A. Relações entre relevos e solos da bacia do rio Capivara: município de Botucatu, SP. 193f. Livre Docência (Tese de Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Notícia Geomorfológica, n. 18, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: ed. Edgard Blucher, 1974. 149p.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: ed. Edgard Blucher, 1980. 188 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cartas do Brasil. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de Santa Maria da Serra, 1974.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

MACEDO, A. C. Revegetação: matas ciliares e de proteção ambiental. revisado e ampliado por Paulo Y. Kageyama, Luiz G. S. da Costa. - São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, secretária do Meio Ambiente/Fundação Florestal, 1993.

MOREIRA, L., RODRIGUES, V.A. Análise morfométrica da microbacia da Fazenda Edgárdia – Botucatu (SP). Eletrônica de Engenharia Florestal. Garça, v.16, n.1, p.9-21, 2010.

PIEDADE, G.C.R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. 1980. 161f. Livre Docência (Tese de Livre Docência)- Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1980.

PISSARA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; POLITANO, W.; GALBIATTI, J. A. Morfometria de microbacias do córrego rico, afluente do rio mogi-guaçu, estado de São Paulo, Brasil. Revista Árvore, v. 34, n. 4, p. 669-677, 2010.

POLLO, R. A.; BARROS, B. S. X.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. RODRIGUES, V. A. Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu, SP. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.163-174, 2012.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L.L. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados. São Paulo, v.22, n.63, p.43-60, 2008.

ROCHA, J.S.M.; KURTZ, S. M. J. M. Manual de Manejo Integrado de bacias Hidrográficas. Santa Maria: Editora da UFSM, 2001, 282p.

SANTOS, G.V.; DIAS, H.C.T.; SILVA, A.P. de S.; MACEDO, M. de N.C. de. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do Córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. Revista Árvore, v.31, n.5, p.931- 940, 2007.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; BARBOSA, C.P. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias hidrográficas. São Carlos : ed. RiMa. 2004. 141p.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey.

Geological Society of American Bulletin, v.67, p.597- 646, 1956.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA, H. C.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, A. S. R.; LEITE, F. L. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Ganhães – MG. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo. São Paulo: Mcgraw-Hill do Brasil, 1975, 245p.

CAPÍTULO 5

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA ESPACIALIZAÇÃO DAS APP E DE CONFLITOS NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO PRELÚDIO - ITAPEVA/SP

Sérgio Campos

Andressa Oliveira Fernandes

Marcelo Campos

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo analisar os diferentes tipos de uso e ocupação do solo e de conflito em Áreas de Preservação Permanente (APP) da microbacia do córrego do Prelúdio localizada no município de Itapeva, São Paulo, apresentando uma área de 874,46ha. A base cartográfica utilizada foram a carta planialtimétrica (IBGE, 1974) e a imagem de satélite utilizada foi do Landsat-8 datada de novembro de 2013, órbita 222, ponto 77. Para tomada de decisões utilizou-se do Sistema de Informação Geográfica (SIG) - Idrisi Selva e o software CartaLinx. O trabalho teve como base a Lei Florestal nº 12.651/12 com alterações feitas pela Lei Federal nº 12.727/12. A microbacia do córrego do Prelúdio apresentou como classes de uso e ocupação do solo, a cultura com 91,91ha (10,51%), represa 26,52ha (3,03%), mata ciliar 223,27ha (25,53%), solo preparado 529,74ha (60,58%) e mata 3,02ha (0,34%). Os usos conflitantes em APP foram a classe de uso de solo preparado, embora, grande parte das APP estar de acordo com a Lei, o uso de solo preparado vêm conflitando 26,02% desta. Os SIG mostraram-se apropriados para o estudo como na elaboração dos mapas e suporte nas futuras aplicações de projetos na região.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia Hidrográfica; Lei Florestal; Uso e Ocupação; Sistemas de Informação Geográfica.

GEOTECHNOLOGIES APPLIED SPATIALIZACION OF PPA AND CONFLICT IN THE STREAM PRELUDIO WATERSHED - ITAPEVA / SP

ABSTRACT: This study aimed to analyze the different types of land use and occupation and conflict in Permanent Preservation Areas (APP) Prelude Stream watershed in the municipality of Itapeva, São Paulo, with an area of 874.46 ha. The cartographic base used were the planialtimetric letter (IBGE, 1974) and the satellite image was used Landsat-8 dated November 2013, orbit 222, paragraph 77. For decision-making used is the Geographic Information System (GIS) - Idrisi Selva and the CartaLinx software. The work was based on the Forestry Law No. 12.651/12 with changes made by Federal Law No. 12,727 / 12. The Prelude Stream watershed presented as classes use and occupation of land, the culture with 91.91ha (10.51%), dam 26.52ha (3.03%), riparian 223.27ha (25.53%), prepared soil 529.74ha (60.58%) and kills 3.02ha (0.34%). The conflicting uses in APP were prepared land use class, though, much of the APP comply with the law, the use of prepared soil are conflicting 26.02% of this. GIS proved to be suitable for the study as in mapping and support for future project

applications in the region.

KEYWORDS: Watershed; Forestry Law; Use and occupation; Geographic Information Systems.

INTRODUÇÃO

Atualmente o crescimento desordenado e acelerado das cidades é causado pela explosão demográfica e grande êxodo rural. O processo de urbanização está relacionado com possíveis mudanças na paisagem, cobertura e uso da terra, desencadeando alterações ao meio ambiente (PIMENTEL et al., 2012).

Como vimos, a sociedade está em constante evolução, devido a isso, a pressão sobre os recursos naturais vem se agravando no que implica a busca de conhecimentos avançados sobre ferramentas tecnológicas que apresentem resultados rápidos e que facilitem o trabalho. Frente a isso, podemos analisar o geoprocessamento que possui um conjunto de técnicas que se destacam em meio aos estudos ambientais, pesquisas, planejamento, manejo, processos de gestão e em vários outros aspectos.

O geoprocessamento representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados. Para ROSA (2005), também conhecidas como “geoprocessamento”, as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões.

Desta forma, dentre as geotecnologias podemos destacar: Sistemas de Informação Geográfica (SIG), cartografia digital, sensoriamento remoto, Sistema de Posicionamento Global e a topografia que compreendem a geotecnologia.

O uso do SIG tem se tornado cada vez mais utilizados no planejamento do uso do solo, por se tratar de ferramentas com alta capacidade de armazenamento de informações bem como a grande capacidade de manipulação dos dados armazenados. Sua utilização tem representado uma maior rapidez e eficácia em regiões de microbacias, gerando mapas que auxiliam no estudo e no planejamento dessas áreas (NARDINI, 2009).

Relacionado a isso, tem-se como um dos temas mais abordados na atualidade, a questão ambiental. E, nos últimos anos, destacou-se os debates quanto a preservação ambiental, tendo como enfoque principal o Código Florestal.

Pode-se afirmar quanto a legislação ambiental que nenhuma outra provocou tamanha repercussão no Brasil como o Código Florestal ou Lei Florestal. Lei esta que regula as relações entre conservação dos recursos naturais e produção agrícola abrangendo assim, questões socioambientais, políticas, econômicas, de interesse de diversas áreas e, principalmente de interesse nacional (GARCIA, 2014).

O conhecimento sobre essa legislação ambiental é de extrema importância, tendo como base a Lei nº 12.651/12 com alterações feitas pela Lei Federal nº 12.727/12 que estabelece regras no que diz respeito á áreas que precisam ser recuperadas e preservadas.

Conhecida como a “capital dos minérios” o município de Itapeva está localizado no estado de São Paulo, possui como economia suporte a mineração, agricultura e a indústria, sua população é de 87.765 habitantes e atualmente é o terceiro no Estado em extensão territorial.

A microbacia do córrego do Prelúdio localizada em Itapeva (SP) mais precisamente na sua área rural, possui aproximadamente 874,46ha e sua predominância é de culturas agrícolas. O local da área definido deve-se ao fato da carência em estudos relacionados à legislação ambiental e a ausência de conhecimento sobre preservação e conservação, buscando assim contribuir com planejamentos engajados ao meio ambiental e consequentemente a qualidade de vida do município.

Este trabalho tem como objetivos, a identificação e análise do uso e ocupação do solo na microbacia do córrego do Prelúdio e das Áreas de Preservação Permanente (APP) e seus conflitos de uso ao longo do córrego presente na bacia hidrográfica em estudo tendo como base a legislação ambiental vigente e fazendo uso do SIG - Idrisi e do software CartaLinx. Ao final, pretende propor medidas para um futuro planejamento ambiental visando a conservação e preservação dos recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Itapeva, interior do estado de São Paulo, está ainda em fase de evolução, mas é devidamente conhecida como a “capital dos minérios” possuindo como economia suporte a mineração, agricultura e a indústria, sendo o segundo maior produtor estadual de Tomate oferecendo também grandes lavouras de milho, soja e feijão, sua população total são de 87.765 habitantes e atualmente é o terceiro no Estado em extensão territorial. A cidade tem como municípios limítrofes Itaberá, Itararé, Nova Campina, Taquarivaí e Guapiara.

O clima de Itapeva é classificado de acordo com a Classificação Climática de Köppen como “CWa”, sendo que a temperatura média varia entre a mínima de 9,4ºC e máxima de 22,9ºC e sua precipitação média anual é de 50,7mm segundo o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI).

A microbacia hidrográfica do córrego do Prelúdio (Figura 1) apresenta uma área de 874,46 hectares, situada entre a coordenadas geográficas 23º 37’ 22” e 23º 39’ 31” de latitude Sul e 48º 33’ 02” e 48º 35’ 03” de longitude W GR.

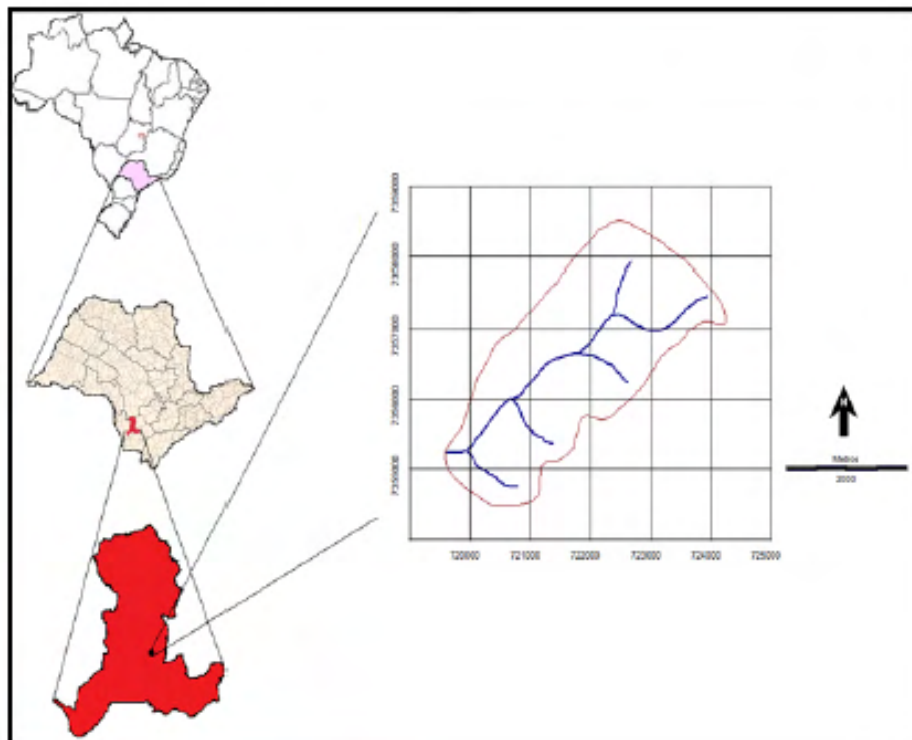



Figura 1. Localização da microbacia do Córrego do Prelúdio, Itapeva/SP.

O Estado de São Paulo é dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), nas quais atuam 21 Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH). Assim, a microbacia hidrográfica do córrego do Prelúdio pertence a UGRHI - 14, que corresponde a Bacia Hidrográfica do Alto do Paranapanema. Essas divisões foram feitas com base no ponto de vista hidrológico, onde a adoção da bacia hidrográfica tem elo de ligação entre municípios, assumida como unidade de gestão dos recursos hídricos.

Essas unidades tratam sobre a preservação e conservação dos recursos hídricos e garantem a qualidade de água nos municípios.

Para o apoio cartográfico, utilizou-se a carta planialtimétrica em formato digital, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1973) referente a folha de Itapeva (SF-22-Z-D-V-3) sendo o sistema de referência o Córrego Alegre (antigo *datum* planimétrico brasileiro), em escala 1:50.000 com equidistância das curvas de nível de 20 metros onde obteve-se os pontos de controle (coordenadas) para o georreferenciamento e a altimetria para digitalização do limite da bacia hidrográfica.

Os pontos de controle são locais que oferecem uma feição física perfeitamente identificável, tais como intersecções de estradas e de rios, represas, pistas de aeroportos,

edifícios proeminentes, topos de montanha, dentre outros (ROQUE et al., 2006).

A imagem de satélite utilizada foi do Landsat - 8, sensor OLI (Operational Land Imager), de novembro de 2013, órbita 222, ponto 77, com resolução espacial de 30 x 30 metros, operando em sete bandas espectrais das quais, para este trabalho, utilizaram-se três bandas (6, 5 e 4), pois estas apresentam uma melhor visualização na discriminação dos alvos. As imagens foram obtidas no catálogo de imagens do Departamento do Interior dos EUA/ Pesquisa Geológica. Sistema de Informações Geográficas - IDRISI Selva foi usado no processamento das informações, georreferenciamento, composição colorida da imagem de satélite - bandas 6, 5 e 4 em RGB (Red Green Blue) -, conversão dos dados de vetoriais para raster, elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo, geração dos *buffers* de APP e os conflitos de uso.

O software CartaLinx, desenvolvido pela *Clark University*, se aplica à construção de base de dados relacionais na forma de pontos, linhas e polígonos. Trabalha com formatos de arquivos do IDRISI e de outros softwares. Estes dados são tipicamente exportados para um SIG em coberturas (GIANUCA e TAGLIANI, 2012).

Desta forma, este software foi utilizado na digitalização do limite da área de estudo e rede de drenagem obtidos da carta planialtimétrica e as áreas de cobertura vegetal nas imagens de satélite.

Utilizou-se também o Google Earth para auxiliar na interpretação visual de algumas áreas - já que as imagens disponíveis são de alta resolução. Segundo BROWN (2006), o Google Earth é um aplicativo cliente-servidor para desktop que possibilita a visualização de imagens de sensores acoplados em satélites em um ambiente dinâmico, permitindo visualizações em duas e três dimensões, tornando possível a interatividade do usuário.

A primeira etapa consistiu no georreferenciamento da carta planialtimétrica do IBGE no qual foi realizado no IDRISI no menu *Reformat/Resample* onde em *Input* utilizou o arquivo a ser georreferenciado.

Para ROQUE et al. (2206), georreferenciar uma imagem ou mapa é tornar suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência, tal processo inicia-se com a obtenção das coordenadas (pertencentes ao sistema no qual se planeja georreferenciar) de pontos da imagem ou do mapa a serem georreferenciados, conhecidos como Pontos de Controle.

Após o georreferenciamento, efetuou-se o recorte da área a ser estudada na opção *Reformat/Window*.

Em seguida, esse arquivo foi exportado para o software CartaLinx - comando *File/ Image Conversions* e posteriormente começou-se a delimitar os elementos (*coverages*) - limite e rede de drenagem - sendo que, para o limite foi criado polígono, enquanto que, para a rede de drenagem, linhas. Uma *coverage*representa uma coleção de feições geográficas

e seus atributos (HAGAN et al., 1998).

A primeira etapa, com a utilização de imagem de satélite, foi georreferenciar as bandas 6, 5 e 4, utilizando o módulo *Reformat/ Resample* do IDRISI. Como base, usou-se a carta planialtimétrica do IBGE, georreferenciada, no qual os pontos de controle para o georreferenciamento foram escolhidos em pontos homólogos.

Foram utilizados 10 pontos de controle, sendo que é necessário um número mínimo para que o SIG possa efetuar as operações matemáticas para a georreferência. Esses pontos são feições homólogas facilmente identificáveis (confluência de rios, cruzamento de estradas, etc.) tanto na imagem a ser georreferenciada quanto na que apresenta um sistema de referência (cartas topográficas, mapas digitais, etc.).

Por isso, é essencial que os pontos de controles estejam bem distribuídos ao longo da imagem uma vez que o ajuste e a equação do SIG é feito com base nesta distribuição.

Tendo como base o exposto por EASTMAN (1998), após a definição dos pontos de controle, deve-se observar o erro médio quadrático (RMS) e o resíduo de erro individual de cada ponto de controle. Esses resíduos expressam quanto cada ponto de controle se desvia da equação de melhor ajuste e é por isso que um ponto com resíduo alto sugere que as coordenadas de ponto foram mal escolhidas. O RMS total descreve o erro de posicionamento de todos os pontos de controle em relação à equação.

Após o georreferenciamento, efetuou-se o recorte da imagem através da opção *Reformat/Window* extraindo assim apenas a área da bacia.

Com as bandas das imagens georreferenciadas, foi realizado o processo de composição da imagem RGB (Red, Green, Blue), utilizando-se da função *Composite* do menu *Display* do IDRISI (Figura 2).

Segundo FIGUEIREDO (2005) a composição é fundamental para uma boa identificação e discriminação dos alvos terrestres já que o olho humano é capaz de discriminar mais facilmente matizes de cores do que tons de cinza. A composição colorida trata-se de um dos artifícios de maior utilidade na interpretação das informações do Sensoriamento Remoto.

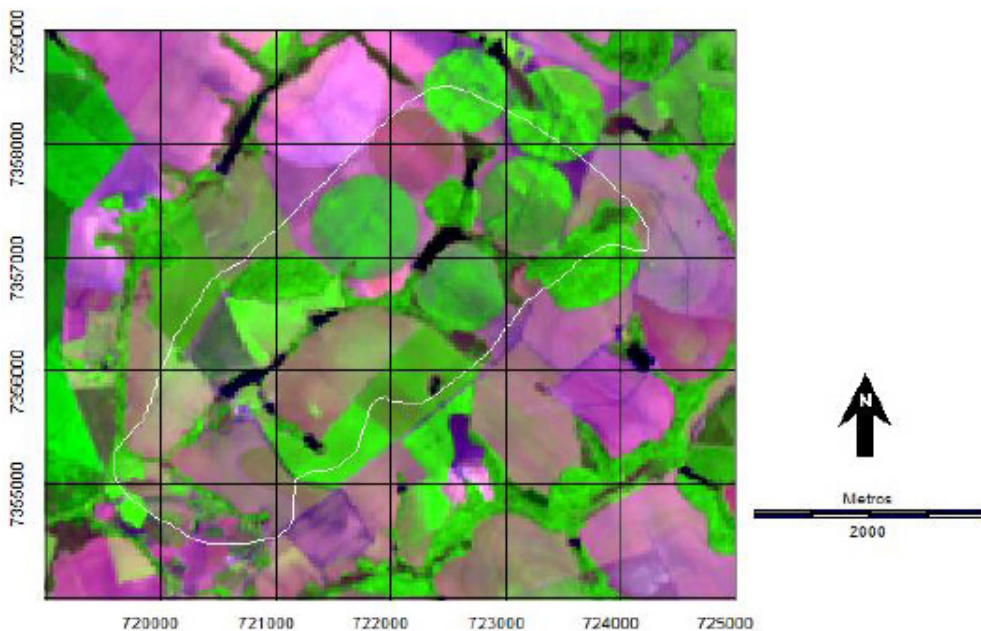



Figura 2. Carta imagem da microbacia do Córrego do Prelúdio, Itapeva/SP.

Após o recorte, no software CartaLinx foi realizada a interpretação visual em tela, onde as áreas de uso e ocupação foram classificadas sobre a composição colorida, ampliadas em tela para melhor visualização.

Para a elaboração dos polígonos de uso e cobertura, criou-se uma tabela, no menu *Tables/Add Fields* e em cada polígono no comando *polígono locator* e *feature properties* colocou-se o número (código) correspondente a classe de uso (ex: Mata Ciliar = 1, Mata = 2, Pastagem = 3, e assim sucessivamente).

Em seguida, foi exportado para o IDRISI e transformado para o formato raster (matriz digital de linha e colunas) e na sequência, no comando *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis*, foram determinadas as áreas e as porcentagens de cada uso.

Definiram-se as Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água e ao redor das nascentes da microbacia do córrego do Prelúdio. Os buffers foram criados no menu *GIS Analysis*, ferramenta *Distance Operators - Buffer.* Para isso, foi necessário repetir esse passo duas vezes, sendo uma para os cursos d'água e o outro para a nascente.

Assim, proporcionou a criação de um raio de 50 metros circulando as áreas das nascentes e um *buffer* de 30 metros de cada lado da margem na drenagem ao longo do leito do córrego (medidas estas estipuladas, já que a largura dos cursos d'água presentes na área estudada são inferiores a 10 metros) resultando na delimitação das APPs.

Em seguida, foi realizada a junção dos buffer na ferramenta de álgebra de mapas. Através do menu *GIS Analysis*, ferramenta *Mathematical Operators - OVERLAY* escolheu-se os dois buffers gerados anteriormente e em *Overlay options* selecionou-se a opção matemática *First + Second.*

Segundo ROSA (2011), o processo de representar esquematicamente um modelo é realizado pela álgebra de mapas, que consiste numa forma de organizar os métodos dos quais as variáveis e as operações vão desenvolver o modelo. Os conceitos da álgebra de mapas são semelhantes aos da matemática, ou seja, seguem uma lógica e uma terminologia da qual se compõem esquemas ou equações, sendo que estas equações podem ser simples ou complexas. Paralelamente aos operadores matemáticos (soma, subtração, multiplicação e divisão), também se usam operadores lógicos para representar as relações entre variáveis ou as combinações entre mapas.

Posteriormente, foi preciso juntar as feições já que os atributos das áreas comuns aos dois arquivos foram somados, de maneira que um novo atributo surgiu e no caso, é preciso que toda APP tenha o mesmo identificador, por isso, fez-se a reclassificação no menu *GIS Analysis* ferramenta *Distance Operators – RECLASS.* Para sua execução, em *Type of file to reclas* marcou a opção *Image* e em *Classification type, User-defined reclass*. Escolheu o arquivo gerado anteriormente e em *Reclass parameters - Assign a new value of* colocou-se os novos valores e em *To all values from e To Just less than*, os antigos.

O termo *buffer* é definido para TEIXEIRA e CHRISTOFOLETTI (1997) em ambiente SIG, como uma forma de análise de proximidade onde zonas de uma determinada dimensão são delimitadas em volta de uma feição ou de um elemento geográfico, levando-se em conta um determinado atributo.

Para identificar as áreas de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanentes, utilizou-se a álgebra de mapas realizando uma sobreposição do mapa de uso e ocupação do solo com o mapa das APPs.

Os procedimentos foram executados no IDRISI utilizando-se a ferramenta *Mathematical Operators - Overlay* do menu *GIS Analysis* e selecionou-se a opção matemática *First x Second,* operação essa que pode também ser denominada de sobreposição.

A sobreposição implica que as camadas (layers) sobrepostas pertençam à mesma área e se encontre no mesmo sistema de coordenadas e na mesma projeção cartográfica. A sobreposição permite observar a existência (ou não) de relação entre fenômenos diferentes que se manifestam na mesma área geográfica. A sobreposição permite identificar padrões de distribuição de fenômenos e de estabelecer relações entre eles, sendo um dos principais objetivos da análise espacial (ROSA, 2011).

Após a sobreposição desses mapas, as áreas de ocorrência dos conflitos de acordo

com as classes de uso foram devidamente quantificadas, executando as funções de cálculo de área, pela ferramenta *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis* do IDRISI.

Foram consideradas sob uso conflitante as áreas cultivadas e ocupadas com outros fins presentes nas APPs das nascentes e cursos d´água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Itapeva possui grandes lavouras que são produzidas pela maioria por pequenos produtores os quais participam efetivamente da economia da cidade. Sendo assim, como o solo é usado para beneficiamento da população, é dever mantê-lo de forma sustentável para que o mesmo seja enriquecido e usado posteriormente.

A microbacia do córrego do Prelúdio (Figura 3 e Tabela 1) permitiu constatar como resultado do estudo de uso e ocupação do solo que foi feito por meio de imagem de satélite e posteriormente visita ao local, o total de 5 classes de uso.

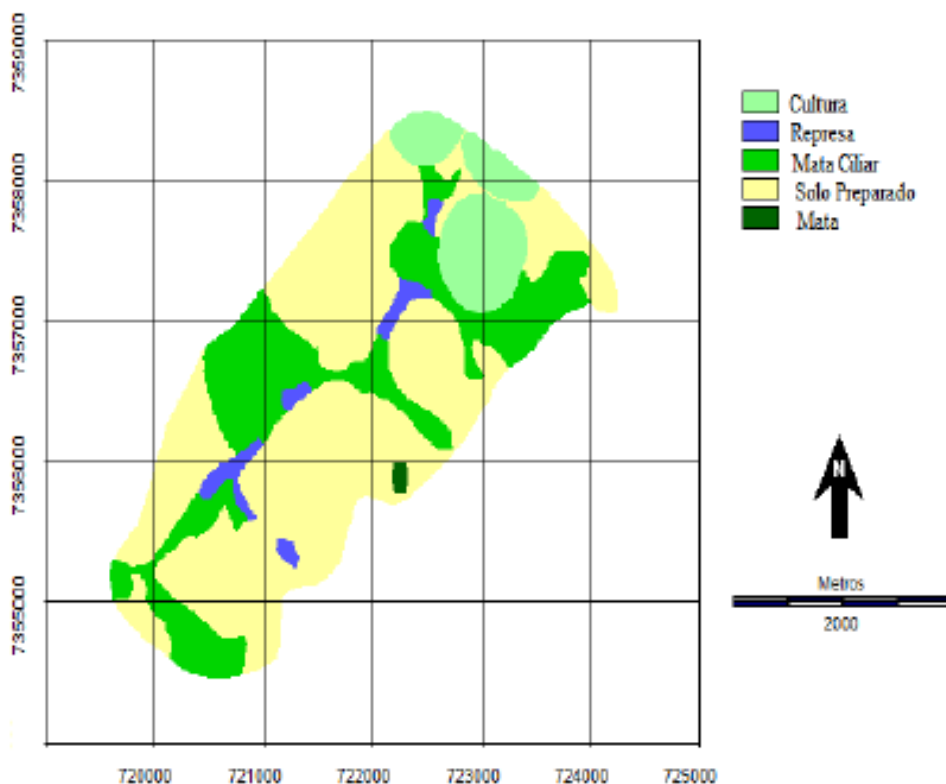



Figura 3. Uso e Ocupação do Solo da microbacia do Córrego do Prelúdio, Itapeva/SP.

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Área	
	(ha)	%
Cultura	91,91	10,51
Represa	26,52	3,03
Mata Ciliar	223,27	25,53
Solo Preparado	529,74	60,58
Mata	3,02	0,34
Total	**874,46**	**100**

Tabela 1. Uso e Ocupação do Solo da microbacia do Córrego do Prelúdio, Itapeva/SP.

A classe de solo preparado foi identificada pela imagem de satélite de novembro de 2013, ou seja, em época que não havia sido plantado nenhum tipo de cultura, mas com a visita a área, que foi realizada em 2014, encontrou a mesma área com o cultivo de soja (ainda em estágios iniciais de plantio) e também o cultivo de tomate, já em fase de colheita.

A microbacia do córrego do Prelúdio possui uma área total de preservação permanente relativa a 61,01ha (Figura 4), dos quais 4,05ha (6,63%) são compostos por áreas de nascentes e 56,96ha (93,36%) são áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água.

Os valores foram obtidos permitiram quantificar o solo preparado, com maior valor de ocupação, com 529,74ha (60,58%), seguido pela mata ciliar com 223,27ha (25,53%); cultura correspondendo a 91,91ha (10,51%); represa com 26,52ha (3,03%) e mata representado por 3,02ha (0,34%).

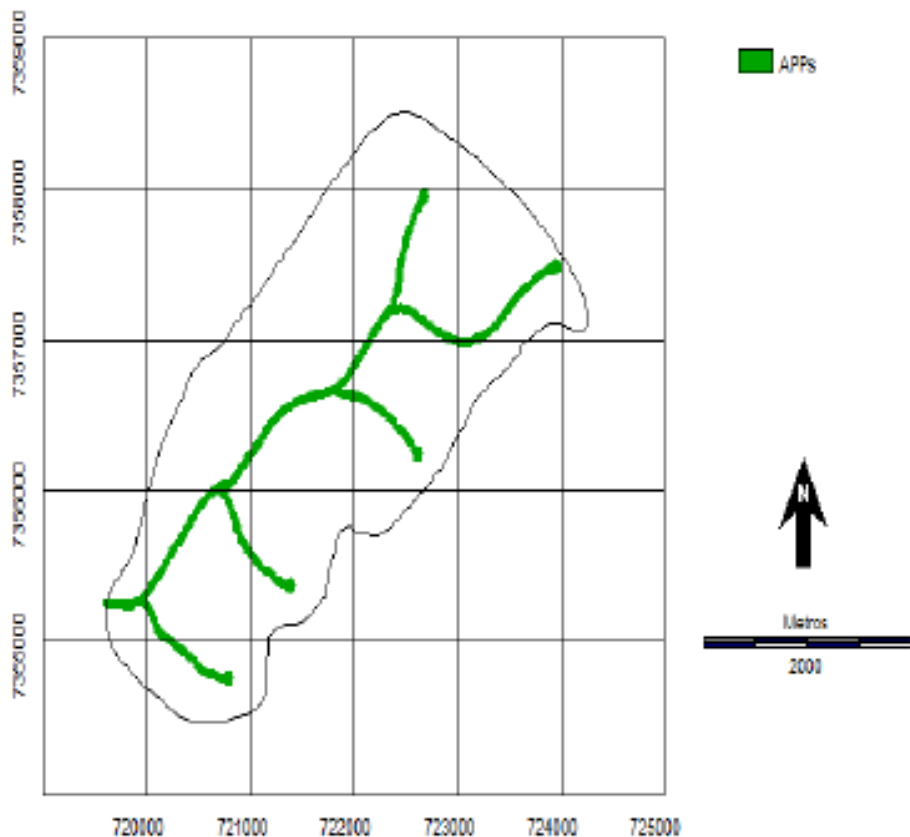



Figura 4. Áreas de Preservação Permanente da microbacia do córrego do Prelúdio, Itapeva – SP.

Segundo a legislação Florestal nº 12.727, foi gerado o mapeamento das APP, considerando as nascentes num raio de 50 metros e para os cursos d'água 30 metros de cada lado da margem, a partir do leito regular do rio.

Conforme o estudo da legislação ambiental e os próprios conhecimentos adquiridos durante a graduação, vimos que a vegetação ao longo do curso d'água exerce papel fundamental numa microbacia como por exemplo, a diminuição de assoreamentos, preservação de biodiversidade, além da manutenção da água entre outros fatores.

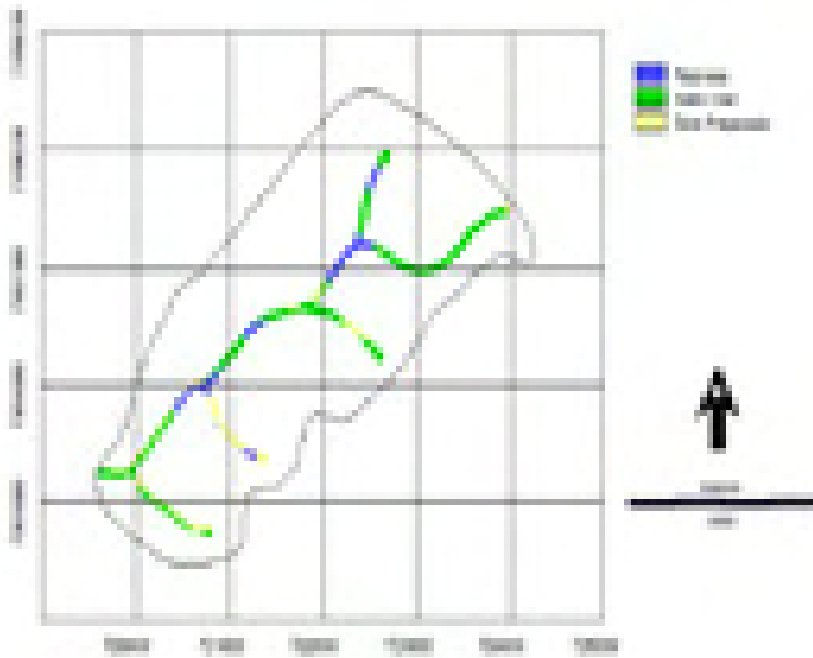



Figura 5. Conflito de uso em APP da microbacia do córrego do Prelúdio, Itapeva – SP.

Classes de uso da Terra	APP		Conflitos	
	ha	**%**	**ha**	**%**
Represa	11,58	18,98	-	-
Mata Ciliar	33,45	54,82	-	-
Solo Preparado	15,88	26,02	15,88	100
Total	**61,01**	**100**	**15,88**	**100**

Tabela 2. Áreas de conflitos de uso do solo em APP.

A mata ciliar quando conservada ao longo dos cursos d’água trazem muitos benefícios ao meio ambiente, no entanto as Áreas de Preservação Permanente estão sendo usadas inadequadamente, que mesmo sendo pouco ainda causam impactos e danos ao ambiente.

Assim, a classe de solo preparado correspondeu a 15,88ha de um total 61,01ha de APP da microbacia que deveriam estar apenas com vegetação natural, apresentam pontos de assoreamentos ao longo do curso d’água da microbacia do córrego do Prelúdio.

Assim, acredita-se que os agricultores ainda não foram devidamente informados ou omitem tal conhecimento, sobre a responsabilidade ambiental engajada as práticas agrícolas, seja ela direta ou indiretamente causada.

Frente a isso, cabe a Secretaria da Agricultura de Itapeva, organizar encontros entre produtores e pessoas capacitadas a respeito do Código Florestal, em especial ao Cadastro Ambiental Rural (CAR) que é uma obrigação de todos os proprietários rurais, entre outros eventos a fim de informar e conscientizar os produtores rurais. E, se trabalhado e colocados em prática de forma adequada, podem trazer mudanças e consequentemente melhorias ao Município.

CONCLUSÕES

O uso das Geotecnologias, como o Sistema de Informação Geográfica - SIG Idrisi Selva, mostrou-se eficiente para análises ambientais do uso e ocupação do solo e de APP. A elaboração de mapas contribuiu para um maior entendimento e estudo das áreas conflitantes além da praticidade, por ser um programa de fácil utilização e aprendizado, o qual tem-se também o sensoriamento remoto por meio das imagens de satélite que pode ajudar no fator tempo para quem precisa ir a campo analisar frequentemente as mudanças das áreas trabalhadas.

A falta de estudos envolvidos sobre esta temática visando a conservação e preservação dos recursos hídricos no município de Itapeva/SP torna-se relevante já que assuntos como esses ganharam força no ultimo século e cada vez mais a interferência do homem está prejudicando a natureza e gerando consequências negativas para a comunidade.

Na microbacia do córrego do Prelúdio, a principal classe de uso e ocupação foi o solo preparado com 529,74ha enfocando assim, sua participação agrícola para o município. Quanto aos usos conflitantes em APP, esta mesma classe foi a responsável, com 15,88ha de uso inadequado em APP.

Por fim, com base nos conhecimentos adquiridos durante a realização deste trabalho, destaca-se ainda que a utilização de ferramentas de geotecnologia é um mercado a ser muito explorado, pois não traz benefícios somente para a área florestal, agrícola, geográfica, climática, entre outras, mas também para todos os tipos de pesquisas, áreas, planejamentos e gerenciamentos.

REFERÊNCIAS

BROWN, M. C. Hacking Google Maps and Google Earth. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc, 2006.

EASTMAN, J. R. IDRISI for Windows: Introdução e Exercícios tutoriais. Editores de versão em português, Heinrick Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS: Centro de Recursos Idrisi, 1998.

FIGUEIREDO, D. Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília - DF. 2005. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf>. Acesso em: 22 out. 2014.

GARCIA, Y. M. Conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do córrego Barra Seca (Pederneiras/SP) em função da legislação ambiental. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

GIANUCA, K. S.; TAGLIANI, C. R. Análise em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) das alterações na paisagem em ambientes adjacentes a plantios de pínus no Distrito do Estreito, município de São José do Norte, Brasil. Revista da Gestão Costeira Integrada, 12 (1):43-55, 2012.

HAGAN, J.E; EASTMAN, J. R.; AUBLE, J. CartaLinx. The Spatial Data Builder. User's Guide. Version 1.0. Clark Labs. Clark University. 201p. 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta topográfica: folha de Itapeva (SF-22-Z-D-V-3). Serviço gráfico do IBGE, 1974. Escala 1:50.000.

NARDINI, R. C. Determinação do Conflito de Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Preservação Permanente da Microbacia do Ribeirão Água-Fria, Bofete (SP), Visando a Conservação dos Recursos Hídricos. Dissertação(Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2009.

PIMENTEL, A. S. et al. Uso da Geotecnologia na Análise Ambiental das APP's Urbanas de Rio Branco - AC. 2012. Disponível em: <http://www.eng2012.org.br/lista-de-artigos? Acesso em: 22 out. 2014.

ROQUE, C. G.; OLIVEIRA, I. C. de; FIGUEIREDO, P. P.; BRUM, E. V. P.; CAMARGO, M. F. Georreferenciamento. Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.4, n.1, 2006, p.87-102.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. Revista Do Departamento de Geografia, 16, p.81-90, 2005. Disponível em: http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/view/55/45>. Acesso em: 22 out. 2014.

CAPÍTULO 6

CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DA MICROBACIA DO CÓRREGO DO BARREIRINHO – SÃO PEDRO DO TURVO – SP

Otávio Silvaston Fonseca

Sérgio Campos

Marcelo Campos

Thyellenn Lopes de Souza

Letícia Duron Cury

Yara Mnafrin Garcia

RESUMO: A caracterização física de uma microbacia é muito importante para o diagnóstico da susceptibilidade à degradação ambiental, pois os resultados visam a conservação dos recursos naturais. O trabalho teve como objetivo a análise morfométrica da microbacia do Córrego do Barreirinho São Pedro do Turvo - SP, visando a conservação dos recursos naturais. A microbacia apresenta uma área de 10,18 Km^2 e está localizada entre os paralelos 22º 35' a 22º 38' de latitude S e 49º 30' a 49º 35' de longitude W Gr. A base cartográfica utilizada foi a carta planialtimétrica de São Pedro do Turvo (SP) para determinação dos índices morfométricos. Os resultados mostram que os altos valores da densidade de drenagem e a declividade média, associados à presença de rochas permeáveis, facilitam a infiltração da água no solo, diminuindo o escoamento superficial e o risco de erosão e da degradação ambiental, bem como o baixo valor do índice de forma amparado pelo índice de circularidade indica que a microbacia tende a ser mais alongada com menor susceptibilidade à ocorrência de enchentes mais acentuadas.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, hidrografia, parâmetros.

PHYSIOGRAPHIC CHARACTERIZATION OF THE STREAM BARREIRINHO WATERSHED – SÃO PEDRO DO TURVO – SP

ABSTRACT: The physical characterization of a microbasin is very important for the diagnosis of susceptibility to environmental degradation, since the results aim at the conservation of natural resources. The objective of this work was the morphometric analysis of the Barreirinho Stream microbasin, São Pedro do Turvo - SP, aiming at the conservation of natural resources. The microbasin presents an area of 10.18 Km^2 and is located between the parallels 22º 35' to 22º 38' of latitude S and 49º 30' to 49º 35' of longitude W Gr. The cartographic base used was the planialtimétrica chart of São Pedro of Turvo (SP) to determine of morphometric indices. The results show that the high values of drainage density and the mean slope associated with the presence of permeable rocks facilitate the infiltration of water into the soil, reducing the runoff and the risk of erosion and environmental degradation, as well as the low value of the index of form supported by the circularity index indicates that the microbasin tends to be more elongated with less susceptibility to the occurrence of more accentuated floods.

KEYWORDS: Geoprocessing, hydrography, parameters.

INTRODUÇÃO

O uso adequado dos recursos naturais exige estudos aprofundados para que sejam compreendidos os possíveis impactos provocados pela ação antrópica (QUEIRÓZ, 2008). A caracterização fisiográfica da microbacia do Córrego do Barreirinho – São Pedro do Turvo (SP) é essencial para a elaboração e implementação de futuros projetos agroambientais regionais, pois os resultados auxiliarão na compreensão do escoamento superficial da microbacia.

As características físicas das microbacias são de suma importância, pois atuam no ciclo hidrológico, influenciando diretamente nos aspectos relacionados com a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subsuperficial (RODRIGUES et al., 2008).

O conhecimento dessas características físicas permite numa determinação do desenvolvimento do escoamento superficial numa determinada localidade, possibilitando a formulação de medidas preventivas no controle de enchentes, caso a microbacia seja susceptível a esse tipo de evento. (FONTES et al., 2008).

O sistema de informação geográfica (SIG) utiliza uma base de dados computadorizada que contém informação espacial (aspectos no meio natural como relevo, solo, clima, vegetação, hidrologia, etc., e os aspectos sociais, econômicos e políticos, que permitem uma divisão temática em subsistemas que integram um SIG, sendo esses componentes os atributos), sobre a qual atua uma série de operadores espaciais (conjunto de operações algébricas, booleanas e geométricas, utilizadas no cruzamento de dados pelo SIG.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da microbacia do Córrego do Barreirinho – São Pedro do Turvo (SP) em ambiente do Sistema de Informações Geográficas Idrisi Selva, visando o planejamento e o manejo integrado dos recursos hídricos da área.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

A microbacia do Córrego do Barreirinho está localizada entre os paralelos 49º 30’ a 49º 35’ de latitude Oeste e 22º e 35’ a 22º a 38’ de longitude Sul Gr e apresenta uma área de 10,18 km². Está a uma altitude de 636 metros, segundo a classificação climática de Koppen para o Estado de São Paulo - que se baseia em dados mensais pluviométricos e termométricos, o estado abrange sete tipos climáticos diferentes, sendo que a maioria corresponde a clima úmido e quente – pertence ao clima do tipo Cfa, ou seja, “clima temperado úmido com verão quente”.

Na caracterização morfométrica foi utilizada a carta planialtimétrica de São Pedro do Turvo – SP (IBGE, 1973) para extração da rede de drenagem e da planimetria (Figura 1) e o curvímetro digital, modelo MR 380, para avaliação da rede drenagem.

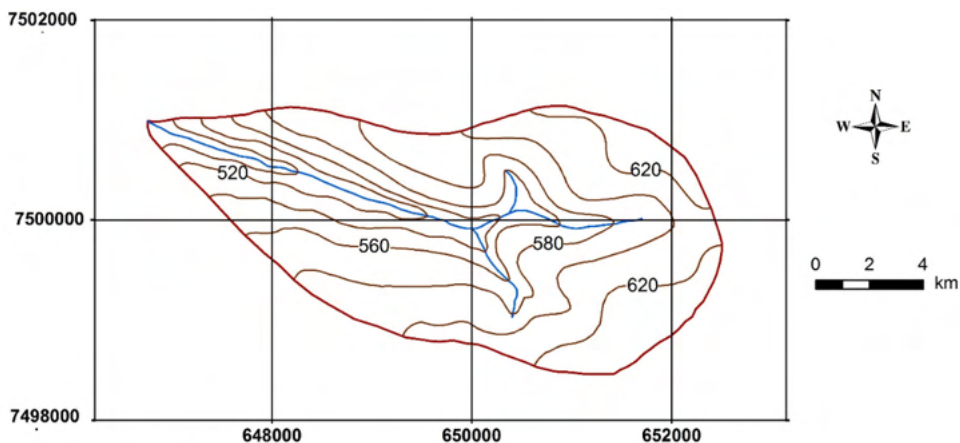



Figura 1. Hidrografia e planimetria do Córrego do Barreirinho – São Pedro do Turvo – SP.

O Software Idrisi Selva foi utilizado para vetorização das curvas de nível, do divisor de águas, da rede de drenagem, bem como para elaboração da análise morfométrica, hierarquia dos canis, de acordo com STRAHLER (1952).

Após a delimitação da área da bacia obteve-se as características dimensionais da rede de drenagem, que são parâmetros quantitativos que permitem eliminar a subjetividade na sua caracterização (OLIVEIRA e FERREIRA, 2001). Na determinação desses parâmetros foi seguida a metodologia proposta por OLIVEIRA e FERREIRA 2001 para o cálculo do maior comprimento (C), do comprimento do curso principal (CP), do comprimento total da rede (CR), do perímetro (P) e da área (A), as quais foram obtidas através do *software Sistema* de Informações Geográficas Idrisi Selva.

Na hierarquização da rede de drenagem foi seguida a metodologia proposta por HORTON (1945) e modificada por STRAHLER (1957) que refere a uma classificação sobre o grau de ramificações e bifurcações presentes em uma bacia hidrográfica.

Na caracterização da composição e padrão de drenagem foram analisados os seguintes parâmetros: a densidade de drenagem (Dd), a extensão do percurso superficial (Eps), a extensão média do escoamento superficial (l), a textura da topografia (Tt), o coeficiente de manutenção (Cm), a rugosidade topográfica (Rt) e o índice de forma (K) foram determinados a partir da metodologia desenvolvida por CHRISTOFOLETTI (1969), bem como, o fator de forma (Kf) foi determinado conforme metodologia de ALMEIDA (2007).

Determinação das variáveis

Densidade de drenagem (Dd)

A densidade de drenagem é a correlação do comprimento total dos rios com a área da bacia, sendo obtida a partir da fórmula (SILVA et al., 2004):

$Dd = l \cdot A^{-1}$

Onde:

Dd - Densidade de drenagem em km/km^2

L - Comprimento total dos rios ou canais em km

A - Área da bacia em km^2

Segundo CHRISTOFOLETTI (1969) a densidade de drenagem pode ser classificada em três classes de interpretação (Tabela 1).

Classes de valores (km^2)	Densidade de drenagem
< 7,5	Baixa
7,5 a 10,0	Média
10,0	Alta

Tabela 1. Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem (CHRISTOFOLETTI (1969).

Declividade média (H)

A magnitude dos picos de enchente e de infiltração de água, trazendo como consequencia maior ou menor grau de erosão, depende da declividade média da bacia (que determina a maior ou menor velocidade de escoamento da água superficial), associada à cobertura vegetal, tipo de solo e tipo de uso da terra (ROCHA e SILVA, 2001). A declividade média foi obtida a partir da fórmula abaixo e classificada segundo LEPSCH et al., 2001 (Tabela 2):

$$H = (D \cdot L)\ 100/A$$

Onde:

H - Declividade média em %

D - Distância entre as curvas de nível em m

L - Comprimento total das curvas de nível em m

A - Área da microbacia em m^2

Classes de Declividade	(%) Relevo
0 – 3	Plano
3 – 6	Suave ondulado
6 – 12	Ondulado
12 – 20	Forte ondulado
20 – 40	Montanhoso
40	Escarpado

Tabela 2. Classes de declividade e relevo (LEPSCH et al, 2001).

Coeficiente de rugosidade (RN)

O coeficiente de rugosidade (RN), por ser um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais, dependendo das características das atividades – agricultura, pecuária, silvicultura com reflorestamento ou preservação permanente –, foi usado para definir as classes de uso da terra das cinco microbacias hidrográficas da bacia do rio Soledade, que são: A (menor valor de CR) – terras apropriadas à agricultura; B – terras apropriadas à pecuária; C – terras apropriadas à pecuária e reflorestamento e D (maior valor de CR) – terras apropriadas para florestas e reflorestamento, segundo ROCHA e SILVA (2001).

As classes A, B, C e D para caracterização do uso potencial da terra de cada microbacia foram obtidas através do cálculo da amplitude, que é a diferença entre o maior e o menor valor de CR encontrada para as bacias de terceira ordem de ramificação e o intervalo de domínio – amplitude dividida por 4 –, que é o número de classes preconizadas pelo método de Sicco Smith (ROCHA e SILVA, 2001).

Índice de circularidade (IC)

O índice de circularidade, também denominado por alguns autores como índice de forma, representa a relação existente entre o perímetro e a área da bacia. O número calculado independe da área considerada, dependendo apenas da forma da bacia (SILVA et al., 2004). O menor valor possível a ser encontrado é 1,0, correspondendo a uma bacia circular (GANDOLFI, 1971). Esse parâmetro influencia a determinação da vazão e a intensidade de escoamento (SILVA et al., 2004). O índice de circularidade foi determinado

pela equação:

$$IC=12{,}57\ P^2$$

Onde:

K - Índice de circularidade;

P - Perímetro da bacia em km ;

A - Área da bacia em km^2

Índice de forma (If)

A forma de uma microbacia pode ser comparada conforme algumas figuras geométricas conhecidas. Assim, o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade compara a microbacia a um círculo e o fator de forma a compara a um retângulo. A forma da microbacia e a configuração do sistema de drenagem, estão associadas a estrutura geológica do terreno.

Este fator é mito importante, pois, segundo VILLELA e MATTOS (1975), uma microbacia apresenta um fator de forma baixo quando é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo valor de área, porém com fator de forma maior.

O Índice de forma (F) pode ser determinado pela seguinte equação:

$$If = A/L^2$$

Onde:

If - Índice de forma

A - A área de drenagem em m^2

L - O comprimento do eixo da bacia em m

Coeficiente de Compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da microbacia e o perímetro de uma circunferência de um círculo de área igual da microbacia, que de acordo com VILLELA e MATTOS (1975) é um número adimensional que varia com a forma da microbacia, independentemente de seu tamanho. Se a bacia for irregular, maior será o coeficiente de compacidade e menos sujeita à enchentes, sendo: Kc = 1 – 1,25 (redondas para ovaladas); 1,25 – 1,50 (ovaladas); 1,50 – 1,70 (blongas). Na determinação do Kc utilizou-se da fórmula:

$$Kc = 0{,}28\ (P : A^{1/2})$$

Onde:

Kc – Coeficiente de compacidade;

P - Perímetro em metros;

A - Área de drenagem em m^2.

Extensão de Percurso Superficial (EPS)

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada (Eps), determinada pela equação, representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente (CHRISTOFOLETTI, 1969).

$$Eps = (Dd/2) \times 1000$$

Onde:

Eps = extensão do percurso superficial (m),

Dd = densidade de drenagem (km/km^2).

Gradiente de Canais (GC)

O gradiente de canais (Gc) consiste na razão entre a maior altitude (AM) pelo comprimento do canal principal (Ccp), expresso em porcentagem. Segundo HORTON (1945) a finalidade desse índice é indicar a declividade dos cursos d'água.

$$GC = Hmáx / L$$

Onde:

Gc = gradiente de canais (%),

Hmáx = maior altitude (km),

L = comprimento do canal principal (km).

Índice de Sinuosidade (IS)

O índice de sinuosidade (Is) é um fator controlador da velocidade de fluxo, pois quanto maior for a sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo canal no seu caminho à foz, portanto menor a velocidade (VALLE JUNIOR, 2008). Esse índice consiste na razão entre o comprimento do canal principal (L) pela distância vetorial (LV) entre nascente e foz.

$$IS = L / LV$$

Onde:

Is = índice de sinuosidade,

L = comprimento do canal principal (km),

LV = distância vetorial do canal principal (km).

Razão de Relevo (Rr)

A razão de relevo (Rr) segundo SCHUMM (1956), é obtida através da relação entre a amplitude altimétrica (H) e o seu maior comprimento (C), que corresponde a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas. É calculada conforme a equação:

$$Rr = Hm / L$$

Onde:

Rr = razão de relevo,

H = amplitude altimétrica (m),

C = maior comprimento (m).

Segundo PIEDADE (1980) são usados os seguintes valores para quantificar a razão de relevo: baixa entre 0,0 a 0,10; média entre 0,11 a 0,30; e alta entre 0,31 a 0,60.

Frequência de Rios (Fr)

A frequência de rios (F) correlaciona a relação entre o número de canais de primeira ordem (Nw1) com a área da microbacia (A). Foi calculada segundo a descrição realizada por HORTON (1945), pela equação

$$Fr = Nt / A$$

Onde:

Fr = frequência de rios

Nt = número de segmentos de rio (quantidade)

A = área da bacia (km^2)

Coeficiente de manutenção (Cm)

O coeficiente de manutenção dos canais (Cm) é importante para a caracterização do sistema de drenagem, limitando a área mínima necessária para o desenvolvimento e manutenção de um canal de escoamento permanente. De acordo com NARDINI et al. (2013), esse coeficiente tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de contribuição aumenta e está expresso pela equação:

$$Cm = (1 / Dd) . 1000$$

Onde:

Cm = coeficiente de manutenção (km/km

Dd = densidade de drenagem (km/km²).

LANA et al. (2001) constataram que quanto menor for o resultado obtido para o coeficiente de manutenção, de uma maneira geral, maior é a riqueza da microbacia em cursos d'água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a microbacia monstra que a bacia constitui-se por mais de um canal de drenagem e apresenta uma área de 10,18 km², perímetro de 13,95 km, canal principal com 5 km e o comprimento total da rede de drenagem de 5,75 km (Tabela 3).

Da metodologia utilizada no estudo foi possível obter a caracterização da composição e padrão de drenagem da microbacia do córrego do Barreirinho, onde foram analisados os parâmetros morfométricas da microbacia.

Desse modo, as características morfométricas indicam as relações entre a rede de drenagem e a respectiva área drenada, refletindo a fisiografia e a dinâmica fluvial da bacia hidrográfica relacionada à manifestação dos processos de formação e degradação das superfícies (PISSARA et al., 2010).

Os resultados da caracterização da microbacia do córrego do Barreirinho demostram que a área encontrada na bacia em estudo possui aproximadamente 10,18 km2 e enquanto o seu perímetro encontrado foi de 13,95 km.

Características Físicas	Unidades	Resultados
Parâmetros dimensionais da bacia		
Área (A)	km²	10,18
Perímetro (P)	km	13,95
Comprimento do canal principal (Cr)	km	5
Comprimento das curvas de nível (Cn)	km	33,75
Comprimento axial (LV)	km	5,9
Equidistância vertical das curvas de nível (D)	km	0,02
Comprimento do eixo da bacia (L)	km	5,9
Características do Relevo		
Coeficiente de compacidade (Kc)	-----------	1,22
Índice de forma (If)	-----------	0,29

Índice de Circularidade (Ic)	-----------	0,65
Declividade média da bacia (H)	%	1,12
Amplitude altimétrica máxima (Hm)	m	36
Altitude máxima (H máx)	m	636
Menor Altitude (mA)	m	600
Coeficiente de rugosidade (RN)	-----------	3,70
Razão de Relevo	km/km	0,02
Padrões de drenagem da bacia		
Ordem da bacia (W)	---------	2ª
Densidade de drenagem (Dd)	km/km²	3,31
Coeficiente de manutenção (Cm)	km/km²	302,11
Extensão do percurso superficial (EPS)	m	1657,66
Gradiente de canais (Gc)	%	0,12
Índice de sinuosidade (Is)	---------	0,84
Frequência de rios (Fr)	---------	0,49

Tabela 3. Características morfométricas da microbacia do Córrego odo Barreirinho – São Pedro do Turvo - SP.

A declividade média da microbacia sendo de 1,12% enquadrando-se na classe plano do relevo entre os índices de 0% a 3% de declividade, caracterizando-se como relevo plano, segundo estudos realizados por ROCHA e KURTZ (2001) essa declividade é suscetível para agricultura no plantio de monoculturas tais como a soja, trigo ou milho. Uma vez que a declividade pode influenciar sobre o escoamento superficial e, consequentemente, sobre o processo de erosão, que resulta em perdas de solo, água, matéria orgânica, nutrientes e microfauna, provocando, assim, assoreamento e eutrofização dos corpos d´água (TONELLO et al., 2006).

A densidade de drenagem encontrada na microbacia do córrego Ribeirão Pires, 3,31 Km/Km^2, mostra uma baixa capacidade de drenagem, segundo CHRISTOFOLETTI (1974) o resultado encontrado vai de encontro com as pesquisas elaboradas por Villela e Mattos (1975), pois esse índice varia de 0,5 Km^2, para bacia com baixa drenagem, a 3,5, ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

O índice de circularidade (IC) encontrado com valor de 0,65 mostra que a bacia estudada possui uma forma circular ovalada, o que através da metodologia de classificação utilizada, indica uma alta tendência a enchentes.

O coeficiente de compacidade (Kc), apresenta suscetível a enchentes, dado ao coeficiente 1,22 estar próximo a 1. De acordo com os resultados apresentado por CARDOSO et al., (2006) pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do rio que foi estudado em seu artigo mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, pelo fato do coeficiente de compacidade

apresentar o valor afastado da unidade do coeficiente entre 1,50 e 1,79.

Segundo ROCHA e KURTZ (2001) onde os coeficientes de rugosidade estão distribuídos em quatro classes, A, B, C, D, respectivamente, para agricultura, pastagens, pastagens/reflorestamento e somente reflorestamento. Nesse sentido, o coeficiente rugosidade apresentado na bacia em estudo tem o valor de 3,70 que está relacionada na faixa da classe A, assim, essa bacia se caracteriza no uso de suas terras para agricultura.

O coeficiente de compacidade maior do que 1 (1,22) e o índice de forma baixo (0,29) permitiram afirmar que a microbacia, em condições normais de precipitação, excluindo-se eventos de intensidades anormais, é susceptível a enchentes. Portanto, os resultados desses parâmetros mostram que a microbacia possui formato circular, tendendo para a forma alongada, elíptica (SANTOS, 2001; ROCHA e SILVA, 2001).

CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do córrego do Barreirinho permitiu classificá-la como de segunda ordem de magnitude.

A análise morfométrica do coeficiente de compacidade e o índice de circularidade permitiu constatar que esta apresenta forma circular ovalada, susceptível a enchentes em condições normais de precipitação.

A configuração topográfica natural do sistema de drenagem apresenta densidade drenagem alta, ocorrendo menor escoamento superficial e relativa infiltração da água das chuvas. Contudo, os resultados da análise morfométrica da microbacia estudada apresenta declividade média da bacia como baixa e relevo plano, sendo apropriada ao cultivo de soja, milho, cana-de-açúcar e trigo evidenciando a colheita mecanizada e favorecendo a conservação do solo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.Q. de. 2007. Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Corrego do Galo, Domingos Martins, ES. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) Espírito Santo – Brasil Julho –2007 Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Ambiental – Centro Tecnológico - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitoria, ES, 2007.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Notícia Geomorfológica, n. 18, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: ed. Edgard Blucher, 1974. 149p.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: ed. Edgard Blucher, 1980. 188 p.

FONTES, M.P., OLIVEIRA, A.S., SANTOS, D.E., CONCEIÇÃO, J.A., PINTO, L.A., LISBOA, V.A.C., MELLO JÚNIOR, A.V. Análise comparativa das características de duas sub-bacias de Sergipe com uso de técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 5, 2008. Anais... Aracajú: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2011. p.3947.

GANDOLFI, P.A. 1971. Investigações sedimentológicas, morfométricas e físio-químicas nas bacias do Moji-Guaçu, do Ribeira e do Peixe. Tese (Livre Docência). Departamento de Geologia e Mecânica dos Solos, EESC-USP, São Carlos, SP.

HORTON, R.E. Erosinal development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, Colorado, v.56, n.3, p.275-370, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cartas do Brasil. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de São Pedro do Turvo, 1973.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio Tanque, MG - Brasil. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, vol. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. Análise Morfométrica e Simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma Microbacia Hidrográfica. Irriga, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

OLIVEIRA, A., FERREIRA, E. 2001. Caracterização de sub-bacias hidrográficas. Lavras: UFLA/FAEPE, 64p. Textos Acadêmicos. Curso de pós-graduação Revista Brasileira de Geografia Física 03 (2010) 112-122.

PIEDADE, G.C.R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. 1980. 161f. Livre Docência (Tese de Livre Docência) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1980.

PISSARA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; POLITANO, W.; GALBIATTI, J. A. Morfometria de microbacias do córrego rico, afluente do rio mogi-guaçu, estado de São Paulo, Brasil. Revista Árvore, v. 34, n. 4, p. 669-677, 2010.

QUEIRÓZ, H.A. Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da mcirobacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP. Dissertação (Mestrado em Asgronomia). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira – SP. 61p. Espírito Santo – Brasil Julho –2007 Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Ambiental – Centro Tecnológico - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitoria, ES, 2007.

ROCHA, J.S.M.; KURTZ, S. M. J. M. Manual de Manejo Integrado de bacias Hidrográficas. Santa Maria: Editora da UFSM, 2001, 282p. HORTON, R.E. Erosinal development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, Colorado, v.56, n.3, p.275-370, 1945.

ROCHA, J. S. M., SILVA, S.M.J.M. Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. Santa Maria: UFSM, 2001. 302p.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T . C. T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga. Irriga, Botucatu, SP, v. 13, n. 3, p. 310-322, 2008.

SANTOS, A.R. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG. 141f. 2001. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2001

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. Bulletin of the Geological Society of America, Colorado, v.67, p.597-646, 1956.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; BARBOSA, C.P.. 2004. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias hidrográficas. São Carlos : RiMa. 141p.

STRAHLER, A.N. 1952. Hypsometric analysis of erosional topography. Geol. Soc. America Bulletin, 63, pp. 1117 -1142.

STRALHER, A. N.. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. Geophys. Un., New Haven, v.38, p.913-20, 1957.

TEIXEIRA, A.L.A., MORETTI, E., CRISTOFOLETTI, A. Introdução aos sistemas de informação geográfica. Rio Claro, SP, 1992, 80p.

TONELLO, K.C. DIAS, H. C. T., SOUZA, A. L. de., RIBEIRO, C.A. A.S. R. & LEITE, F.P (2006). Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

VALLE JUNIOR, R. F. Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.

VILLELA, S. M; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw- Hill; 1975.

CAPÍTULO 7

SIG APLICADO NA IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO POTENCIAL DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NUMA MICROBACIA

Sérgio Campos

Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Katiuscia Fernandes Moreira

Thaís Maria Millani

Gabriel Rondina Pupo da Silveira

RESUMO: O uso inadequado do solo é um fator agravante da degradação ambiental e desequilíbrio ecológico. Este trabalho visou avaliar os conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanentes (APP) na microbacia do São Pedro - Botucatu (SP) através de Sistema de Informações Geográficas e imagem de satélite de 2006. A área de estudo localiza-se entre as coordenadas geográficas 48º 21' a 48º 23' de longitude WGr. e 22º 52'S e 22º 56' de latitude S com uma área de 1458,4ha. Os resultados permitiram verificar que as técnicas de geoprocessamento foram de importância fundamental na identificação das áreas de uso de terra, de APPs e de conflitos entre uso e APPs onde uma pequena parte das áreas de APPs está conflitando. Em termos de sustentabilidade ambiental, pode ser deduzido que a microbacia é desfavorável, uma vez apresenta com quase 44% da área usada inadequadamente por pastagens.

PALAVRAS-CHAVE: Microbacia, imagem de satélite, uso do solo.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é a ciência e a arte de se obterem informações sobre um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados coletados por aparelhos denominados sensores, que não entram em contato direto com os alvos em estudo.

A análise do uso e cobertura do solo, mediante informações de Sensoriamento Remoto, constitui uma técnica de grande utilidade ao planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico, além de possibilitar avaliar e monitorar a preservação de áreas de vegetação natural. Através da interpretação de imagens de satélite obtém-se, de forma rápida, um mapa temático atualizado e preciso das diferentes estruturas espaciais resultantes do processo de ocupação e uso do solo (RODRIGUEZ, 2000).

Uma das vantagens de se utilizar o sensoriamento remoto para interpretação do uso da terra é que as informações podem ser atualizadas devido à característica de repetitividade de aquisição das imagens de forma global, confiável, rápida , sendo estes dados de grande importância para o levantamento, mapeamento e utilização das informações de uso e ocupação do solo regional.

O uso inadequado do solo pelo homem é um fator agravante da degradação ambiental

e desequilíbrio ecológico. É necessário que a atuação do homem no meio ambiente seja planejada e adequada de modo que os efeitos ao ambiente físico sejam os menores possíveis (MOTA, 1981).

O acompanhamento da dinâmica do uso do solo nos municípios tem grande importância no intuito de refletir sobre as mudanças de aspectos sócio-econômicos de determinadas regiões e até mesmo permitir o seu monitoramento ambiental. Neste contexto, as imagens de satélite constituem-se em importante ferramenta, bem consolidadas, como fonte de dados espaço-temporais permitindo análises das mudanças ocorridas no uso do solo, ou seja, na forma como o espaço está sendo utilizado pelo homem.

Este projeto de pesquisa teve por objetivo analisar a aplicação do geoprocessamento na espacialização das áreas de preservação permanente e de conflitos na microbacia Ribeirão São Pedro – SP, através do uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e de imagem de satélite.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na microbacia do Ribeirão São Pedro, Botucatu (SP), definido pelas coordenadas geográficas: 48º 21´ a 48º 23’ de longitude WGr. e 22º 52’S a 22º 56’ de latitude S com uma área de 1458,4ha.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – Clima subtropical úmido com invernos secos e verões quentes – em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18ºC e do mês mais quente ultrapassa os 22ºC.

O relevo da região é bastante acidentado apresentando grande amplitude altimétrica, variando de 440 m a 620 m.

O contorno da área da microbacia do Ribeirão São Pedro – Botucatu (SP) foi realizado manualmente na Carta Planialtimétrica editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 1969, folha de Pratânia (SF-22-R-IV-3), escala 1:50000, segundo os pontos mais elevados em torno da drenagem.

A imagem foi scanerizada e exportada para o software IDRISI Andes para ser georreferenciada e onde foram feitas as composições RGB para cada uma das datas. Posteriormente foi exportada para o softaware CARTALINX onde o limite da bacia foi vetorizado.

No georreferenciamento, foram utilizados dois arquivos de pontos de controle, sendo o primeiro da imagem digital e o outro, da carta topográfica de Botucatu, onde foram determinadas as coordenadas de cada ponto para elaboração de um arquivo de correspondência, através do comando “Edit” do menu “Database Query”, presente no módulo “Analysis”. Inicialmente, foi elaborada uma composição falsa cor com a combinação

das bandas 3, 4 e 5, obtida a partir da imagem de satélite digital, bandas 3, 4 e 5 do sensor "Thematic Mapper" do LANDSAT – 5, da órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 23/10/2006, escala 1:50000, pois esta apresenta uma boa discriminação visual dos alvos, possibilitando a identificação dos padrões de uso da terra de maneira lógica. Esta composição apresenta os corpos d'água em tons azulados, as florestas e outras formas de vegetações em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados. A seguir, foi realizado o georeferenciamento da composição falsa cor, utilizando-se para isso do módulo Reformat/Resample do SIG – IDRISI Andes.

Após o georreferenciamento, foi feito o corte e a extração da área da microbacia, sendo demarcadas as áreas de treinamento sobre a imagem com o cursor e o mouse.

Essas áreas foram demarcadas sobre grande número de locais, buscando-se abranger todas as variações de cada ocupação do solo. Depois, foram criadas as assinaturas pelo módulo Makesig e a classificação supervisionada propriamente dita pelo método de Máxima Verossimilhança, pelo módulo Maxlike.

Na classificação supervisionada, as ocupações do solo foram identificadas e diferenciadas, umas das outras pelo seu padrão de resposta espectral, sendo as áreas de treinamento delimitadas por polígonos desenhados sobre cada uso da terra na imagem. Em seguida, foram indicados os nomes para cada classe de uso da terra, associados aos seus respectivos identificadores, sendo a imagem classificada e os cartogramas demonstrativos da distribuição espacial de cada uso da terra com base nestes dados.

Na identificação digital dos alvos, utilizou-se as chaves de interpretação para imagens (Rocha, 1986) na determinação das classes de uso. Após a elaboração da carta de uso da terra, as áreas foram determinadas com o auxílio do *software SIG – IDRISI Andes,* utilizando-se do comando "Area" do área do menu "Database Query", pertencente ao módulo "Analysis". As áreas de preservação permanentes foram definidas ao longo dos cursos d'água do Ribeirão São Pedro, onde foi utilizada a operação Buffer Selected Features do software ArcView 3.2, a qual proporciou a criação de um buffer de 50m de raio das áreas das nascentes e um buffer de 30m de cada lado da drenagem ao longo do leito do córrego, com isso resultando no mapa de APPs, fundamentado na resolução CONAMA n° 303/2002, Art. 3°: "Constitui Área de Preservação Permanente a área situada em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros, para o curso d'água com menos de 10 metros de largura", e no Código Florestal (Lei 4.771/1965), que considera essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa: "com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas".

O mapeamento e a quantificação dos conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanentes foram realizados usando-se álgebra de mapas. Os procedimentos

foram executados no ambiente *Raster Calculator* no módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do uso da terra (Figura 1 e Quadro 1) na microbacia do Ribeirão São Pedro – Botucatu (SP) permitiu inferir que as pastagens foram as coberturas vegetais que ocuparam a maior parte da área, representando quase 2/3 (61,96%), ou seja, cobrem 903,63ha, mostrando com isso a predominância da pecuária regional.

As florestas, elementos importantes na preservação ambiental, representam mais de 16% da área. Estas classes são formadas praticamente por matas ciliares. As matas ciliares são formações florestais que acompanham os rios de pequeno porte e são corredores fechados sobre a rede de drenagem. A mata de galeria protege o solo contra o impacto direto das gotas das chuvas, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e favorecendo a infiltração de água no solo (Silveira et al., 2005).

Os 84,64ha de áreas de APPs (Figura 2 e Quadro 2) ao longo da rede de drenagem estão ocupados com reflorestamento (0,12%) e pastagem (43,87%) de forma inadequada (conflito) . Portanto, 43,99% da área de APP vêm sendo utilizados adequadamente, enquanto que 56,01% vem sendo utilizado inadequadamente (conflitos), principalmente com pastagens (99,73%), demonstrando que a microbacia está parcialmente conservada ambientalmente segundo o Código Florestal Brasileiro vigente (1965).

Figura 1. Uso do solo da microbacia do Ribeirão São Pedro – Botucatu - SP.

Classes de uso da terra	Área	
	ha	%
Campo Limpo	69,93	4,79
Campo sujo	53,04	3,64
Eucalipto	16,07	1,10
Pastagem	903,63	61,96
Vegetação Natural	235,51	16,15
Cultura	180,22	12,36
TOTAL	1458,4	100

Quadro 1. Uso do solo da microbacia do Ribeirão São Pedro – Botucatu – SP.

As florestas, elementos importantes na preservação ambiental, representam mais de 16% da área. Estas classes são formadas praticamente por matas ciliares. As matas ciliares são formações florestais que acompanham os rios de pequeno porte e são corredores fechados sobre a rede de drenagem. A mata de galeria protege o solo contra o

impacto direto das gotas das chuvas, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e favorecendo a infiltração de água no solo (Silveira et al., 2005).

Os 84,64ha de áreas de APPs (Figura 2 e Quadro 2) ao longo da rede de drenagem estão ocupados com reflorestamento (0,12%) e pastagem (43,87%) de forma inadequada (conflito) . Portanto, 43,99% da área de APP vêm sendo utilizados adequadamente, enquanto que 56,01% vem sendo utilizado inadequadamente (conflitos), principalmente com pastagens (99,73%), demonstrando que a microbacia está parcialmente conservada ambientalmente segundo o Código Florestal Brasileiro vigente (1965).

Figura 2. Conflito de uso do solo em APPs da microbacia do Ribeirão São Pedro – Botucatu - SP.

Classes de uso da terra	Área			
	APP		Conflito	
	ha	%	ha	%
Campo Limpo	7,97	9,41		
Campo sujo	5,64	6,67		
Eucalipto	0,10	0,12	0,10	0,27
Pastagem	37,13	43,87	37,13	99,73
Vegetação Natural	33,80	39,93		
Total	84,64		37,23	100

Quadro 2. Conflito de uso do solo em APPs da microbacia do Ribeirão São Pedro – Botucatu - SP.

CONCLUSÕES

O Sistema de Informações Geográficas - Arc View 3.2 foi eficiente na discriminação e avaliação das classes de uso do solo.

As florestas (Campo limpo e sujo e vegetação natural) representando 56,01% mostram que o uso inadequado das áreas de preservação permanente por pastagens chega a quase 100%.

Os mapas de uso da terra podem servir como poder de fiscalização futuramente pelos Órgãos Públicos, bem como para identificação e localização das áreas de conflitos de uso da terra.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto através do emprego de produtos orbitais do Landsat mostrou-se eficientes na definição do uso do solo e na integração dos dados georreferenciados dentro de um banco de dados, pois mostra ser uma ferramenta fundamental para o planejamento de uso do solo numa microbacia, bem como a sua utilização no atendimento à legislação ambiental, principalmente nas áreas de APPs.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n° 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal.

MOTA, S. Planejamento urbano e preservação ambiental. Fortaleza, Edições UFC, 1981.242p.

ROCHA, J.S.M. da. Manual de interpretação de aerofotogramas, Fascículo XI, Santa Maria, 1986, 58p.

RODRIGUEZ, A. C. M. Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-Landsat e HRV-SPOT. São José dos Campos: INPE, 94p. 2000. (INPE – 7510 – PUD/39.

CAPÍTULO 8

ESTUDO MORFOMÉTRICO DA BACIA DO CÓRREGO DA FORQUILHA, CONCHAL - SP: ASPECTOS DO RELEVO E DRENAGEM

Edéria Pereira Gomes Azevedo

Sérgio Campos

Mariana Wagner de Toledo Piza

Maria Beatriz Sartor

Gabriel Rondina Pupo da Silveira

RESUMO: Este trabalho objetivou a aplicação de geoprocessamento na caracterização morfométricada microbaciado Córrego da Forquilha – Conchal / SP através do Sistema de Informações Geográficas IDRISI Selva e software CartaLinx. A microbacia apresenta uma área de 632,50 ha e está localizada entre os paralelos 22º 19' 07" e 22º 20' 41" de latitude S e 47º 10' 47" e 47º 14' 11" de longitude W Greenwich. A base cartográfica utilizada foi a carta planialtimétrica de Conchal / SP, em escala 1:50000 (IBGE, 1974) na extração das curvas de nível, da hidrografia e da topografia, e posteriormente em ambiente de Sistema de Informações Geográficas IDRISI Selva para determinação dos índices morfométricos. Os resultados demonstram que a microbacia possui baixa densidade de drenagem, com formato entre redondo e ovalado e com tendência mediana a enchentes. A pouca declividade classifica o relevo como plano ondulado, com aptidão para agricultura (classe A), com solos permeáveis. A sinuosidade é moderada e a bacia apresenta pequena vazão.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento. Microbacia. Morfometria.

MORPHOMETRIC STUDY FORQUILHA STREAM BASIN, CONCHAL / SP: ASPECTS OF RELIEF AND DRAINAGE

ABSTRACT: This work aimed at the geoprocessing application in the morphometric characterization of Forquilha Stream Watershed – Conchal / SP through the Geographical Information System IDRISI Selva and software CartaLinx. The watershed has an area of 632.50 ha and it ranges from 22º 19' 07" S to 22º 20' 41" S and 47º 10' 47" W to 47º 14' 11" W. The cartographic base used was the planialtimetric letter of Conchal / SP, in scale 1:50000 (IBGE 1974) in the extraction of the level curves, the hydrography and the topography, and later on Geographical Information System IDRISI Selva environment to determine the morphometric indices. Results demonstrate that the watershed has low drainage density, with format of round, oval and median tendency to flood. The small declivity classifies therelief as wavy plan, with suitability for agriculture (class A), and permeable soils. The sinuosity is moderate and the basin has little flow.

KEYWORDS: Geoprocessing. Wastershed. Morphometric.

INTRODUÇÃO

Conceitualmente, a bacia hidrográfica tem sido utilizada como unidade de gestão da paisagem nas áreas relacionadas ao planejamento ambiental, especialmente na gestão dos recursos hídricos. Pires et al. (2005) destacam que o conceito tem sido ampliado ao longo dos anos, sendo a bacia hidrográfica compreendida como um sistema biofísico complexo, que evidencia sistemas hidrológicos e ecológicos coesos. A água é o ponto de convergência de um sistema ambiental de múltiplas relações estabelecidas entre os diversos componentes físicos, bióticos e antrópicos.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais (CARDOSO et al., 2006). Seus elementos principais são a água, o solo, as espécies vegetais e animais, os quais coexistem em uma interação permanente e dinâmica, de forma que as interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e antrópicas (uso e cobertura da terra) os afetam como um todo. Todas as áreas urbanas, industriais ou rurais compõem uma bacia hidrográfica, ou seja, tudo o que estiver dentro dos divisores de águas, que são os pontos mais altos determinantes do limite da bacia hidrográfica fazem parte desta.

Diversas áreas, como margens dos recursos hídricos e nascentes dos mananciais, não têm sido devidamente respeitadas, devido ao uso inadequado dos recursos naturais. Esses recursos foram intensamente reduzidos na maioria das Áreas de Preservação Permanente (APPs), em muitos casos, pelo desconhecimento da população e pela incorreta interpretação do Código Florestal Brasileiro. O planejamento adequado da terra deve ser realizado constantemente para que a degradação não ocorra ou, ao menos, seja diminuída nessas áreas de APPs.

O uso adequado dos recursos naturais exige estudos aprofundados para que sejam compreendidos os possíveis impactos provocados pela ação antrópica. (QUEIRÓZ, 2007).

A caracterização de variáveis morfométricas de bacias hidrográficas é uma análise representativa e investigativa do comportamento do relevo, abrangendo assim diversos parâmetros, sendo que alguns envolvem a hidrografia, relevo e outros, indicando se a bacia é susceptível ou não à erosão.

Na morfometria, são estabelecidas as relações entre os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica e os seus condicionantes, através de índices numéricos que classificam a rede de drenagem. Tais índices numéricos são de fundamental importância na caracterização das potencialidades das áreas de uso de uma bacia hidrográfica, permitindo o seu manejo adequado com diagnósticos e análises de riscos de degradação dos recursos ambientais.

O estudo morfométrico da bacia do Córrego da Forquilha, Conchal / SP, é essencial para elaboração e implantação de futuros projetos agroambientais regionais, uma vez que

os resultados darão maior compreensão do escoamento superficial desta bacia hidrográfica. Com a adequada avaliação dos recursos hídricos e utilizando o monitoramento dos dados relativos à microbacia, pode-se propor uma adequação da ocupação do solo em relação ao seu potencial e de suas limitações, tornando possível um manejo racional e equilibrado com a natureza, conquistando assim a sustentabilidade.

Segundo Ferreira (1997), os Sistemas de Informações Geográficas podem ser considerados um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando o planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas. O IDRISI é um programa SIG, ou seja, um sistema de informação geográfica, que possui a função de processar, armazenar e gerenciar informações de imagens com dados de localização espacial. Uma das mais recentes atualizações do IDRISI, a versão Selva, lançada em 2012, trouxe ferramentas modernas para o software, deixando o seu manuseio mais simples e eficaz.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da bacia do Córrego da Forquilha, Conchal / SP, em ambiente do Sistema de Informações Geográficas IDRISI Selva e do software CartaLinx, visando ao planejamento e ao manejo integrado dos recursos hídricos da área.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Córrego da Forquilha está localizada no município de Conchal / SP, entre as coordenadas 22º 19’ 07” e 22º 20’ 41” de latitude S e 47º 10’ 47” e 47º 14’ 11” de longitude W Gr, apresentando uma área total de 632,50 hectares.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – clima subtropical úmido com invernos secos e verões quentes, em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18ºC e do mês mais quente ultrapassa os 22ºC, sendo a temperatura média de 20,3ºC e a pluviosidade média anual de 1300 mm.

Na caracterização morfométrica da área, foi utilizada a carta planialtimétrica do IBGE (1974), em escala 1:50000, folha Conchal SF-23-Y-A-II-4, com curvas de nível de 20 em 20 metros, para extração da rede de drenagem e da planialtimetria.

O software CartaLinx foi utilizado no georreferenciamento da bacia e para a realização das análises morfométricas e obtenção dos dados necessários como comprimento da rede de drenagem (Cr), comprimento do curso principal (CP), do perímetro (P) e da área (A) da bacia.

O SIG IDRISI Selva foi utilizado na vetorização das curvas de nível, do divisor de água, da rede de drenagem e nascentes.

A rede de drenagem da bacia do Córrego da Forquilha, Conchal / SP, foi sobreposta no SIG IDRISI Selva, que calculou o comprimento total da drenagem. Para a caracterização e composição da rede de drenagem foram analisados os seguintes parâmetros: densidade de drenagem (Dd), declividade média (H), coeficiente de rugosidade (RN), índice de circularidade (Ic), índice de forma (IF), coeficiente de compacidade (Kc), extensão de percurso superficial (EPS), gradiente de canais (GC), índice de sinuosidade (IS), razão de relevo (Rr), frequência de rios (Fr) e coeficiente de manutenção (Cm).

A Equação 1 apresenta o cálculo da Densidade de Drenagem (Dd), conforme proposto por França (1968):

$$Dd = Cr/A \quad (1)$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem (Km/Km²);

Cr = Comprimento da rede de drenagem (Km);

A = Área da bacia hidrográfica (Km²), que foi obtida através do SIG IDRISI Selva.

Densidade de drenagem (Km/Km²)	Classificação
< 1,5	Baixa
1,5 a 2,5	Média
> 2,5	Alta

Tabela 1. Intervalo de valores para densidade de drenagem e respectiva classificação.

A Equação 2 apresenta o cálculo da Declividade Média (H), conforme proposto por Mota (1981):

$$H = D.L/A$$

Onde:

H = Declividade média da bacia hidrográfica (%);

D = Eqüidistância vertical das curvas de nível (Km);

L = Comprimento total das curvas de nível da bacia hidrográfica (Km);

A = Área da bacia hidrográfica (Km²).

Valor do RN	Classe do RN	Coeficiente de rugosidade (RN)
1,09 até 10,63	A	Agricultura
10,64 até 20,18	B	Pastagem
20,19 até 29,73	C	Pastagem / Florestamento
29,74 até 39,28	D	Florestamento

Tabela 2. Classes de declive segundo o relevo (Deamo, 2009).

A Equação 4 apresenta o cálculo do Índice de Circularidade (Ic), conforme proposto por Christofoletti (1980):

$$Ic = 4.\pi.A/P^2 \quad (4)$$

Onde:

Ic = Índice de circularidade (adimensional);

A = Área da bacia hidrográfica (ha ou km²);

P = Perímetro bacia hidrográfica (km); = Coeficiente de rugosidade (Adimensional).

Índice de forma (IF)	Índice de circularidade (Ic)	Formato da bacia	Tendência a enchente
> 0,75	1,00 – 0,80	Circular	Alta
0,75 – 0,50	0,80 – 0,60	Ovalada	Média
0,50 – 0,30	0,60 – 0,40	Oblonga	Baixa
< 0,30	< 0,40	Comprida	Tendência à conservação

Tabela 4. Intervalo de valores para interpretação dos resultados quanto aos índices de forma (IF) e de circularidade (Ic). Adaptado por Vilela e Mattos, 1975.

A Equação 5 apresenta o cálculo do Índice de Forma (IF), conforme proposto por Villela e Mattos (1975):

$$IF = A/L^2 \quad (5)$$

Onde:

IF = Índice de forma (adimensional);

A = Área da bacia hidrográfica (ha);

L = Comprimento do eixo da bacia (Km).

A Equação 6 apresenta o cálculo do Coeficiente de Compacidade (Kc), conforme proposto por Villela e Mattos (1975):

$$Kc = 0,28.P \ (6)$$

Onde:

Kc = Coeficiente de compacidade (adimensional);

P = Perímetro da bacia hidrográfica (Km);

A = Área da bacia hidrográfica (Km²).

Coeficiente de compacidade (Kc)	Formato da bacia
1 – 1,25	Redondas ovaladas
1,25 – 1,50	Ovaladas
1,5 – 1,70	Oblongas

Tabela 5. Intervalo de valores para interpretação dos resultados do Coeficiente de Compacidade (Kc).

A Equação 7 apresenta o cálculo da Extensão do Percurso Superficial (EPS), conforme proposto por Horton (1945):

$$EPS = (1/2.Dd).1000 \ (7)$$

Onde:

EPS= Extensão de Percurso Superficial (m);

Dd = Densidade de Drenagem (Km/Km²).

A Equação 8 apresenta o cálculo dos Gradientes de Canais (GC), conforme proposto por Freitas (1952):

$$GC = Hmáx/L \ (8)$$

Onde:

GC= Gradiente de canais (%);

Hmáx = Altitude Máxima (Km);

L= Comprimento do Canal Principal (Km).

A Equação 9 apresenta o cálculo do Índice de Sinuosidade (IS), conforme proposto por Freitas (1952):

$$IS = L/LV \ (9)$$

Onde:

IS= Índice de Sinuosidade (Adimensional);

L = Comprimento do canal principal (Km);

LV = Comprimento vetorial do canal principal (Km).

A Equação 10 apresenta o cálculo da Razão de Relevo (Rr), conforme proposto por Schumm (1956):

$$Rr = Hm/L \quad (10)$$

Onde:

Rr= Razão do Relevo (Km/Km)

Hm= Amplitude Altimétrica Máxima (Km);

L= Comprimento do canal principal (Km).

A Equação 11 apresenta o cálculo da Frequência de Rios (Fr), conforme proposto por Horton (1945):

$$Fr = Nt/A \quad (11)$$

Onde:

Fr = Frequência de rios (Adimensional);

Nt = Número de rios (quantidade);

A = Área da bacia (Km²).

A Equação 12 apresenta o cálculo do Coeficiente de Manutenção (Cm): área que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem

$$Cm = (1/Dd)x1000 \quad (12)$$

Onde:

Cm= Coeficiente de manutenção (Km/Km²);

Dd= Densidade de Drenagem (Km/Km²).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados (Tabel 6) obtidos para a bacia hidrográfica do Córrego da Forquilha, com base na análise morfométrica, mostra que a área da bacia é de 6,32 km² (632 ha). O comprimento total da rede drenagem é de 6,28 Km, com poucos canais de drenagem, num córrego de 2ª ordem e, segundo França (1968), com baixa densidade de drenagem.

Para Villela e Mattos (1975), com o coeficiente de compacidade de 1,20 e índice de circularidade de 0,68, o formato da bacia é caracterizado como redondo para ovalado; significa que têm maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente

em toda sua extensão e que possui tendência mediana a enchentes.

A declividade média da microbacia, da ordem de 8,60, permitiu classificá-la com relevo plano ondulado (Chiarini e Donzelli, 1973), apropriada para o uso de pastagens, culturas anuais, podendo ser também exploradas com culturas perenes, que protegem o solo (café, laranja, cana-de-açúcar, leguminosas como forma de adubação verde, etc.) e o coeficiente de rugosidade de 8,54, apresenta aptidão para agricultura (classe A) (Deamo, 2009). Pelo fato da área possuir um relevo plano e solos férteis, a agricultura pode ser mecanizada.

Características físicas	Unidades	Resultados
Parâmetros dimensionais da microbacia		
Área (A)	Km^2	6,32
Perímetro (P)	Km	10,80
Comprimento do Rio Principal (C)	Km	5,80
Maior Largura (L)	Km	2,40
Comprimento da Rede de Drenagem Total (Cr)	Km	6,28
Comprimento Axial (LV)	Km	5,00
Comprimento das Curvas de Nível (Cn)	Km	27,29
Características do relevo		
Coeficiente de Compacidade (Kc)	---	1,20
Índice de Forma (IF)	---	0,19
Índice de Circularidade (Ic)	---	0,68
Declividade Média (D)	%	8,60
Altitude Média (Hm)	m	630
Maior Altitude (MA)	m	680
Menor Altitude (mA)	m	580
Amplitude Altimétrica (H)	m	100
Coeficiente de Rugosidade (RN)	---	8,54
Padrões de drenagem da microbacia		
Ordem da Bacia (W)	---	2ª
Densidade de Drenagem (Dd)	Km/Km^2	0,99
Coeficiente de Manutenção (Cm)	Km/Km^2	1,01
Extensão do Percurso Superficial (EPS)	m	496,50
Gradiente de Canais (Gc)	%	0,12
Índice de Sinuosidade (Is)	---	1,16
Frequência de Rios (Fr)	---	0,63
Razão de Relevo (Rr)	Km/Km	0,017

Tabela 6. Características morfométricas da microbacia do Córrego da Forquilha, Conchal – SP.

A microbacia do Córrego da Forquilha apresenta 0,63 segmentos de rios a cada Km²

da área (frequência de rios). A razão de relevo é baixa, com apenas 0,017 Km de rios por Km de relevo, mostrando que a bacia apresenta pouca declividade geral e pequena vazão.

O valor médio da extensão do percurso superficial mostra que a água percorre 496,50 m em escoamento normal e juntamente com o coeficiente de manutenção de 1,01 Km/Km², indicam existência de solos permeáveis e diminuição na velocidade de escoamento superficial.

A diferença de cotas altimétricas na área de 100 m, sendo considerada baixa, resultando em baixa declividade.

A sinuosidade, um dos fatores controladores da velocidade de escoamento do canal, segundo Freitas (1952), valores < 1,00 indicam canais retilíneos e valores > 2,00, canais sinuosos, ou seja, o Córrego da Forquilha apresenta uma sinuosidade moderada (1,16).

A bacia apresenta 27,29 Km de curvas de nível (Cn), sendo o Cn um reflexo da declividade, conclui-se que a bacia possui pouca declividade.

CONCLUSÕES

A velocidade do escoamento da água é reduzida pelo relevo plano ondulado que a área da bacia apresenta e aos bons solos que a compõem.

O fator de forma e a densidade de drenagem, classificados como baixo, permitem inferir que o solo tem alta permeabilidade, alta taxa de infiltração e baixo escoamento de água.

Dados obtidos pelo coeficiente de rugosidade classificaram a bacia com vocação para a Agricultura (Classe A), apropriada para o uso de pastagens, culturas anuais, podendo ser também exploradas com culturas perenes, que protegem o solo.

Os resultados encontrados concluíram que os estudos morfométricos podem servir como base para o planejamento e a gestão de futuros trabalhos.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S.V. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo (RJ). Revista Árvore, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CHIARINI, J.J.; DONZELLI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes decapacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. Bol. Tec. Inst. Agronômico, Campinas, n.3, p.1-29, 1973.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

DEAMO, J.C.M.; VALLE JUNIOR, R.F. do; VIEIRA, D.M.S.; VIEIRA, T.A.; COUTO, R.G.C. Diagnóstico Físico-Conservacionista da microbacia dos córregos Pindaíba, Marimbondo e Tenda, Uberlândia-MG. In: II Seminário Iniciação Científica – IFTM, Uberaba, MG, 2009. Anais...Uberaba: IFTM, 2009.

FERREIRA, C. C. M. Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos em Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa, 1997, 158p.

FRANÇA, G. V. Interpretação de bacias e redes de drenagem aplicados a solos da região de Piracicaba (SP). 1968. 151p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba / SP. 1968.

FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. BoletimPaulista de Geografia, São Paulo, v.11, p.53-57, 1952.

HORTON, R. E. Erosinal development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. Boletim da Sociedade Geológica da América, v.56, n.3, p.275-370, 1945.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta topográfica: Conchal (SF-23-Y-A-II-4). Serviço gráfico do IBGE, 1974. Escala 1:50000.

MOTA, S. Planejamento urbano e preservação ambiental. Fortaleza: Edições UFC, 1981.

PIRES, J. S. R; SANTOS, J. E; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus: Editus, 2005.

QUEIRÓZ, H.A. Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira (SP). 2007. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira / SP. 2007.

ROCHA, J. S. M. Manual de Projetos Ambientais. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997, 446p.

SCHUMM, S. A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. Boletim da Sociedade Geológica da América, v.74, n.9, p.1089-1100, 1956.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, 245p.

CAPÍTULO 9

ESTUDO DE ILHAS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE PIRATININGA/SP, POR MEIO DE DADOS ORBITAIS DO LANDSAT 5 SENSOR TM

Nathalia Maria Salvadeo Fernandes Parizoto

Sérgio Campos

RESUMO: Com a ocupação massiva da malha urbana e as atividades decorrentes do crescimento desordenado dessas áreas, ocorre uma alteração do clima urbano, tornando-o insalubre. Um dos fatores que contribui para a má qualidade de vida em decorrência deste fato são as ilhas de calor que consiste no acúmulo de calor na superfície e eleva a temperatura nas cidades. A vegetação urbana constituída de arborização urbana, bosques e áreas verdes, têm como função minimizar este efeito. Para conciliar esses fatores o trabalho tem como objetivo levantar os dados de temperatura de superfície através de imagens de satélite, LANDSAT 5 captada no dia 18/12/2012 dos pontos 75 e 76, órbita 221, banda 6 e levantamento *in loco* com termo-higrômetro, com posse dos dados, cruzar com o levantamento vegetativo realizado e proporcionar uma visão de gestão para melhorar o microclima do município em estudo. O sensoriamento remoto e o sistema de informação geográfica permitem a avaliação de diferentes temperaturas da superfície terrestre. A área reduzida do Município e a baixa resolução do sensor utilizado dificultaram a análise de temperatura da área urbana sendo necessário o uso de outros programas para auxiliar na interpretação de dados. A cobertura de vegetação na área urbana interfere diretamente na diminuição da temperatura melhorando o micro-clima urbano. As diferentes coberturas da superfície analisada também interferem na temperatura aparente. Entre as classes estudas a classe cultivo de eucalipto e mata nativa apresentaram temperatura aparente amena em torno de 22.0°C e o solo exposto a maior temperatura aparente entre 37.0°C. Os setores 4,5 e 7 apresentam uma média de temperatura de 27,0°C sendo os setores com temperatura mais amena devido a área de cobertura vegetal. A diferença de temperatura nos setores 9, 10, 12 e 13 de 32.0°C para 27.0°C é devido a existência de áreas verdes como praças. As altas temperaturas do levantamento em campo com termo-higrômetro na área urbana, em média de 35.0°C é devido ao clima que seco e a ausência de vento além da rugosidade e edificação da superfície.

PALAVRAS-CHAVE: Ilhas de Calor, Geoprocessamento, Arborização Urbana; Gestão Pública.

ABSTRACT: With the massive occupation of the urban and activities arising from the uncontrolled growth of these areas, a change occurs in the urban climate, making it unhealthy. One factor that contributes to poor quality of life due to this fact are the islands of heat which consists in the accumulation of surface heat and raises the temperature in the cities. The vegetation consists of urban greening, urban forests and green areas,

have the function to minimize this effect. To reconcile these factors work aims to collect data on surface temperature by satellite images, LANDSAT 5 captured on 18/12/2012 point 75 e 76, orbits 221, band 6 and on-site survey with thermo-hygrometer, with possession of the data, crossing to the survey conducted vegetative and provide a management vision to improve the microclimate of the city under study. The remote sensing and the geographic information system allow the evaluation of different earth surface temperatures. The municipality reduced area and the low resolution detector used makes the temperature analyzes at the urban area more difficult requiring the use of other programs to assist in the data interpretation. The vegetation coverage at urban area directly affects in the temperature decreasing improving the urban micro-climate. The different analyzed surface coverage also affects the apparent temperature. Among the studied ranks, the eucalyptus cultivation and native forest rank show mild apparent temperature around 22.0°C and the solo exposed to the higher apparent temperature around 37.0°C. The 4,5 and 7 sectors present a 27,0°C temperature average, and these are the sectors with the milder temperature due to the vegetation coverage area. The temperatures difference at the 9, 10, 12 and 13 sectors from 32.0°C to 27.0°C is due to the existing green areas, such as squares. The site survey high temperatures measured by thermo-hygrometer are around 35.0°C due to the dry weather and the lack of windy besides the surface rugosity and building.
KEYWORDS: Heat Islands, Geoprocessing, Urban Forestry; Public Management.

INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) hoje a população mundial soma 7,2 bilhões/ano de pessoas, sendo que mais de 50% encontra-se locado em área urbana. As atividades decorrentes do crescimento urbano e industrial descontrolado ocasionam um ambiente insalubre nas cidades, devido às alterações na pureza do ar e climáticas. Assim, os benefícios ambientais da arborização se tornam mais necessários à saúde ambiental do ecossistema urbano, quanto maior o nível de urbanização.

A vegetação nas cidades surge normalmente como jardins e parques, ocupando diferentes áreas com aspectos e função variada. (ALMEIDA, 2006).

A arborização urbana bem com as áreas cobertas por vegetação (floresta urbana) contribui não apenas para a melhoria do Clima, mas também para o controle da poluição atmosférico filtrando partículas, retendo poeira e fumaça e proporcionando conforto acústico em alguns casos (JUNIOR, 2009). No entanto varias cidades brasileiras não possuem adequado planejamento de arborização urbana não atingindo assim o seu fundamento. (ALMEIDA, 2009).

Atualmente com o avanço das geotecnologias e dos dados do sensoriamento remoto, como o aumento da resolução de imagens de satélite, obtém-se diversas informações do ambiente terrestre. Uma das informações contidas nas imagens é a temperatura aparente

da superfície, através da captação da energia eletromagnética emitida por determinado ambiente ou objeto.

A tecnologia junto com os avanços em geoprocessamento fornece ao poder público novos horizontes de gestão, com a utilização de imagens de satélite e levantamento de campo é possível organizar e distribuir a arborização urbana, áreas verdes e praças de forma propiciar um ambiente com temperaturas agradáveis, alem de outros benefícios que acompanham a linha de benefícios.

Além da rápida obtenção de dados e disponibilidade gratuitas das imagens de satélite, o uso do sensoriamento remoto é crescente devido aos registros históricos disponíveis, oferecendo dados importantes para a análise temporal do desenvolvimento das ilhas de calor.

Os Sistemas de Informação Geográficos (SIG) são ferramentas fundamentais para aplicação das técnicas de processamento digital das imagens, possuem diversos algoritmos e dentre eles um capaz de transformar os dados do infravermelho termal em temperatura aparente da superfície, imprescindíveis para interpretação destes dados.

O objetivo deste trabalho é utilizar o sensoriamento remoto e a imagem de satélite para avaliar a temperatura confrontando a existência de ilhas de calor e arborização urbana, utilizando imagens de satélite e levantamento de arborização urbana realizado anteriormente, a fim de auxiliar na gestão de uso do solo urbano visando a melhoraria do micro-clima.

MATERIAL E MÉTODOS

O Município de Piratininga está situado a noroeste do Estado de São Paulo, coordenadas geográficas: 22° 24’ 00’’ de altitude S e 49°08›00›› de longitude W GR.

O Município localiza-se próximo as rodovias Marechal Rondon (SP 300) e Comandante João Ribeiro de Barros (SP 294). Com território de 392 Km^2, limita-se com os municípios de Bauru (Norte e Nordeste), de Agudos (Sul e Sudeste), de Duartina (Noroeste), de Cabrália Paulista (Oeste) e de Avaí (Norte e Noroeste) (Figura 1).

A classificação climática segundo Koeppen é Aw, mais quentes, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18ºC e o solo Latossolo Vermelho (CEPAGRI, 2013).

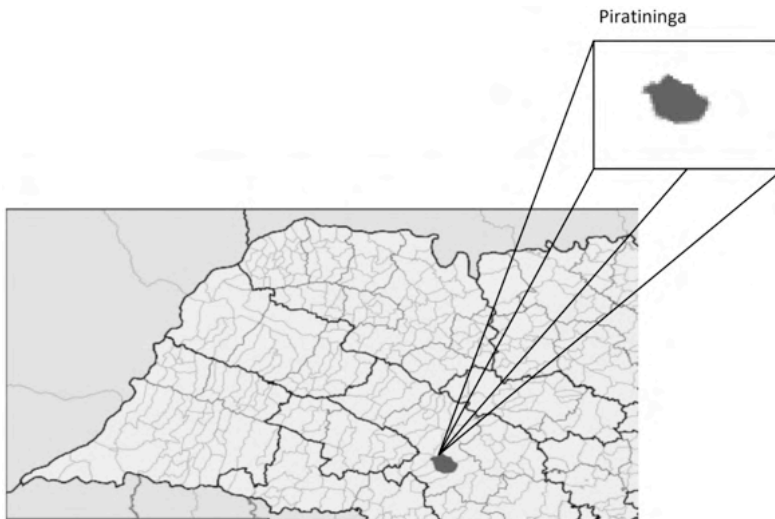



Figura 1. Localização do Município de Piratininga.

A temperatura média anual é de 22,2ºC com Max. de 30,6ºC e min. 11,3ºC a precipitação anual é de aproximadamente 1.317,1 mm. (CEPAGRI, 2013).

A densidade demográfica de Piratininga, em 1996, conforme dados do IBGE, era de 25,7 hab/km², cabendo à zona urbana 81,7% do total de habitantes, e apenas 18,3%, para a zona rural, com um crescimento de 7,49% o senso realizado em 2010 apresentou população estimada de 12.072 habitantes, um aumento de 30 hab/km² de densidade.Foram utilizados dados vetoriais da malha urbana e da delimitação de cada bairro do município que serão confeccionados no programa Autocad Map, usando-se como base a imagem do Landsat 5.

As fases de pré-processamento, processamento e transformação dos níveis de cinza em temperatura aparente foram executados no programa de Sistema de Informação Geográfica (SIG) Idrisi 15.0 - Andes Edition.

As imagens utilizadas do sensor TM (Thematic Mappper) a bordo no satélite Landsat 5. A banda 6 do infravermelho termal, para obtenção da temperatura de superfície. Todas as imagens correspondem à órbita 221 ponto 075 e 076.

As imagens foram adquiridas através da página de catálogo de imagens do Instituto de Pesquisas Espacias (INPE), referente às seguintes datas: 18/12/2012. As imagens foram escolhidas na estação correspondente a primavera, após um longo período de estiagem.

Os dados de arborização urbana e áreas verdes foram adquiridos através de mapa do município de Piratininga através da Prefeitura Municipal em levantamento realizado anteriormente. (Fernandes, et. al. 2011).

A divisão por setores seguirá a divisão demonstrada nos métodos.

MÉTODOS

Para a obtenção dos dados da temperatura aparente da superfície é necessário o pré-processamento das imagens. Esta etapa visa melhorar a qualidade dos dados, com o emprego de técnicas como: redução da dimensionalidade realce da imagem e retificação geométrica.

Primeiramente a cena imageada foi reduzida de modo a restringir-se apenas à área de estudo, utilizando-se a ferramenta *reformat menu* (WINDOW) do Idrisi. Após, foi aplicado o realce com o intuito de melhorar a qualidade visual das imagens, isto é, para ampliar o contraste das feições da cena, utilizando-se da ferramenta *image processing* (STRETCH) para todas as bandas.

Para correção dos erros contidos na imagem devido à movimentação do satélite e curvatura da Terra (projeção e sistema de referência) foi executada a retificação geométrica. Neste processo faz-se o registro, através das coordenadas geográficas, dos pontos de controle utilizando uma imagem previamente registrada, onde pontos devidamente identificados (georreferenciados) foram associados aos *pixels* da imagem de interesse.

Todas as etapas são representadas de forma simplificada na Figura 3.

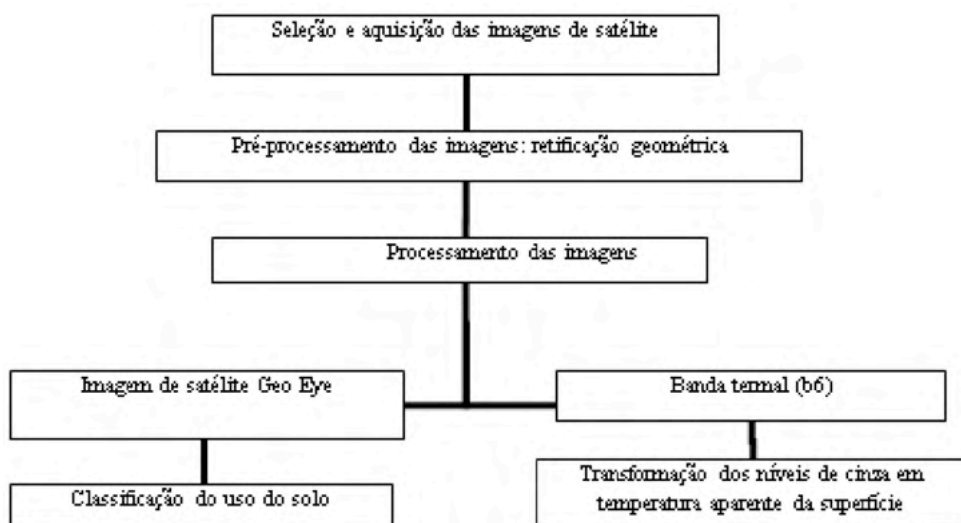



Figura 3. Fluxograma das etapas da metodologia.

O algorítimo de transformação do DN para graus Celsius utilizado foi do programa Idrisi 15.0, devidamente validada por Coltri (2006), através das funções *Image processing* (TRANSFORMATION/ THERMAL).

Para encontrar as faixas intermediárias de níveis de cinza de cada imagem, foi feito

um histograma da imagem. Para associar o DN ao seu respectivo pixel, as imagens da banda termal foram transformadas para o formato de arquivo ASCII, a fim de relacionar cada pixel com um valor de DN e associá-lo ao grau Celsius definido pelo algoritmo.

Os valores de temperatura das imagens foram submetidos a análise de variância a fim de verificar se os valores encontrados se diferem estatisticamente, caso sejam diferentes serão submetidos ao teste de Tukey, ao nível de 5% para comparação de médias duas a duas.

O mapa de áreas verdes e arborização urbana que foram utilizados estarão no formato Dwg para que seja feito o cruzamento de informações de temperatura e as áreas verdes com o objetivo de verificar se há influencia de mudança do micro-clima relacionado a essas áreas.

O mapa salvo em dwg foi aberto no AutoCAD para que haja a correção cartográfica, com referências geográficas e depois exportado para o Idrisi Selva Crack onde foi feito a sobreposição da imagem do mapa com a imagem de satélite com as bandas termais já definidas.

O levantamento de temperatura no município utilizando-se o thermohigrômetro Smart Sensor® modelo AR 837, realizado no dia 21/11/2012 com início as 14h30 e término as 15h32, que mostra as temperaturas mínimas e máximas (ºC) além da máxima umidade relativa do ar (%) de 25 pontos distintos.

Os pontos foram escolhidos aleatoriamente em vários locais da cidade distantes entre si e atingiu toda a malha urbana.

Figura 4. Mapa de setorização do Município de Piratininga – SP.

SETOR	BAIRRO
1	Parque Bela Vista
2	Vila Soares
3	Vila Moraes
4	Centro I
5	Jardim Panorama
6	Jardim Santo Antônio
7	Jd. Ferroviário Pta. I, II, III e Centro II
8	Jd. Cel. Antonio da Cunha Castro, Jd Panorama II e Conj. Hab. "Padre Unsué Verde"
9	Centro III
10	Jd. Kirilos, Conj. Hab. "Dr. Antônio Ferreira do Espirito Santo"
11	Conj. Hab. "Luis Faustino de Souza", Boa Vista I, II, III e IV e Conj. Hab. "Sebastiana Garcia Falqueiro"
12	Coj. Hab. "Amire Maluf" e Jardim Vilane
13	Conj. Hab. "Fernando Motta Mendes" e Jd. Santa Maria

Tabela 2. Setores do Município de Piratininga.

A área do município foi classificada de acordo com o uso do solo, por meio de imagens de satélite obtidas pelo Google Earth.

Foram identificados 4 tipos de classe de interesse: Cultura de Eucalipto, Mata nativa, Área urbana e Solo exposto.

A classe área urbana sofre influência das atividades humanas o que altera o micro-clima, as classes cultura de eucalipto e mata nativa podem apresentar semelhante amplitude térmica, caso estejam no mesmo estágio de desenvolvimento. E a classe solo exposto apresenta a maior elevação térmica devido a área de exposição a radiação solar direta.

A malha urbana do município foi dividida por setores, representado na Figura 4, tendo em vista os limites de bairros já conhecidos. Alguns bairros são relativamente pequenos, o que permitiu uni-los formando um único setor (Tabela 2).

Tratamento dos dados

A tabela de temperatura indicou em cada ponto respectivo do mapa, a temperatura

levantada em campo com um termhigrômetro e a imagem de satélite mostrará a temperatura de superfície do dia 18/12/2012. Esses dados serão analisados a fim de sobrepor informações de áreas verdes, arborização urbana e ilhas de calor proporcionando assim a possibilidade de análise da atual situação e interferência desses dados na qualidade de vida da população.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O algoritmo termal de transformação (Idrisi Selva) e o processamento da imagem permitiu classificar 10 faixas de temperatura que variaram de 0.0°C a aproximadamente 44.0°C, sendo as temperaturas de 0.0°C a 4.0° registrada devido ao ruído resultante do processo de junção das imagens (Figura 5).

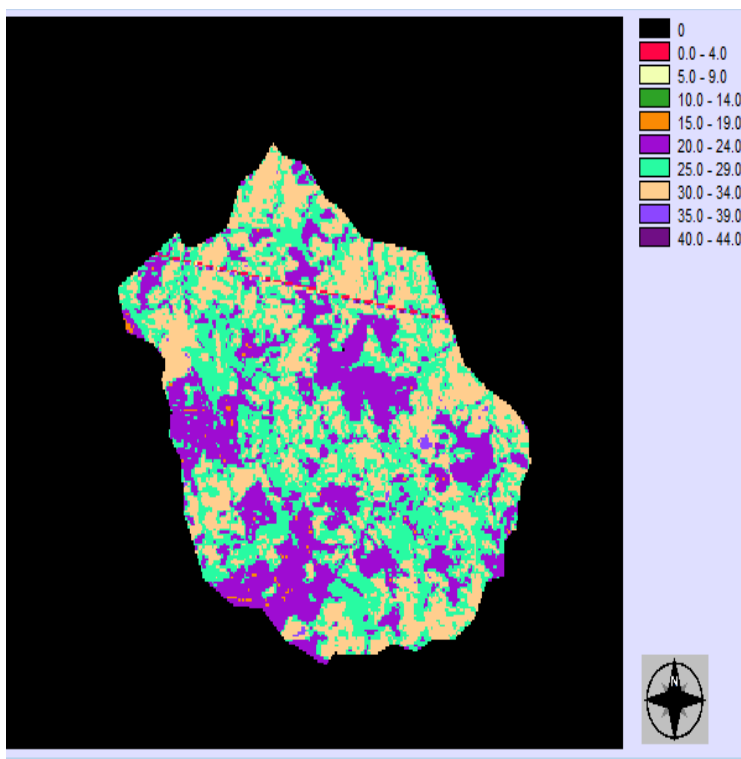



Figura 5. Temperatura aparente da superfície do Município de Piratininga.

O histograma (Figura 6) gerado a partir da imagem do município mostra que as temperaturas de 20.0°C a 34.0°C (colunas 5, 6 e 7) foram predominantes em todo o município.

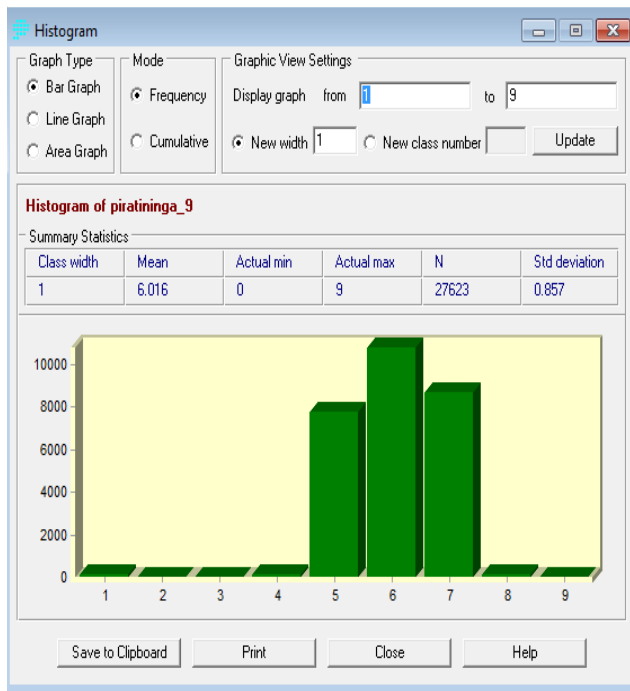



Figura 6. Histograma da temperatura aparente do Município do Município de Piratininga, SP.

No detalhe, a Figura 7 mostra a faixa de temperatura nos setores anteriormente definidos da área urbana, sobreposta á imagem da área, é possível observas que as temperaturas variam de 20°C (lilás) a 34°C (bege).

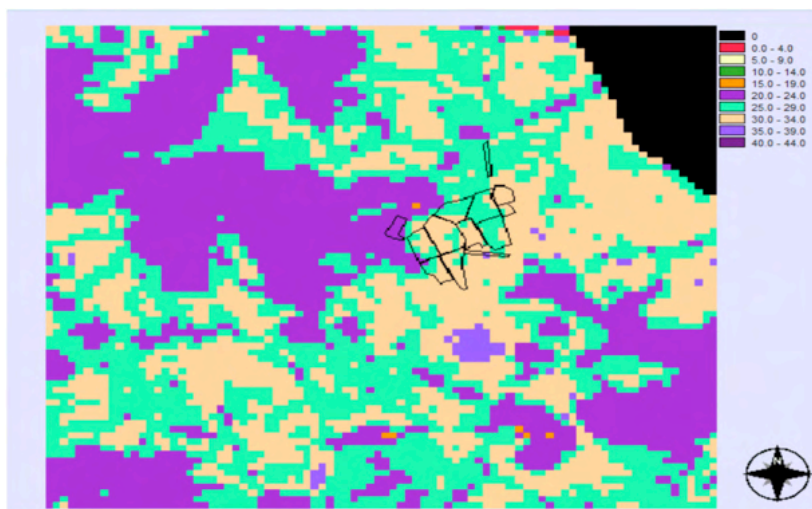



Figura 7. Polígono dos setores da área urbana do Município de Piratininga.

Classificação do solo e temperatura

Pôde se identificar quatro classes representadas na Figura 8 e referenciadas na Tabela 3.

Figura 8. Classificação de uso do solo utilizando imagem do Geo Eye.

Ponto	Coordenada x	Coordenada y	Classe
1	22°24’50”	49°08’08”	Área urbana
2	22°25’11”	49°08’47”	Cultura de eucalipto
3	22°25’38”	49°09’44”	Mata nativa
4	22°24’55”	49°07’22”	Solo exposto

Tabela 3. Coordenadas das classes de solo.

Devido as diferentes épocas de ocupação do espaço urbano, é possível trabalhar por setores e detectar diferenças de temperatura resultante do tipo de edificação e intensidade de impermeabilização do solo.

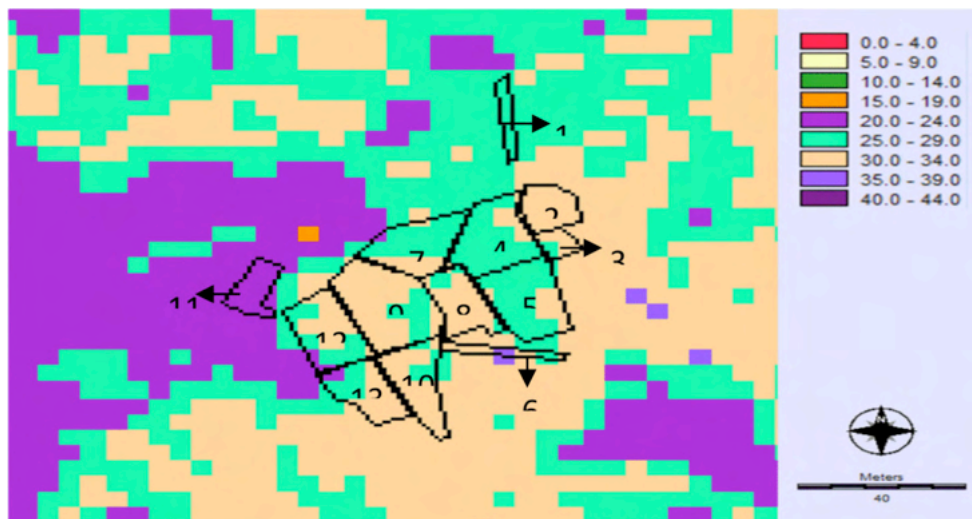



Figura 9. Detalhe da temperatura aparente da área urbana.

Os setores 4, 5 e 7 são mais antigos e apresentam temperaturas em torno de 25.0° C a 29.0°C (Figura 9) esse padrão de temperatura é devido a arborização urbana, constituída de espécies arbóreas de grande porte com Índice de Cobertura Vegetal correspondente a metade do tamanho de área impermeável, como indicado na Tabela 4.

Setor	*ICV(m²)*	*%*
4	56.130,769	38,35
5	29.619,031	33,82
7	29.619,031	41,70

Tabela 4. Índice de Cobertura Vegetal.

ICV: Índice de Cobertura Vegetal.

O setor 1 também apresenta temperatura variável entre 25.0° C a 29.0°C este caso ao contrário dos anteriormente citados é um bairro novo, porém sua área de cobertura vegetal é maior, segundo Fernandes et al (2011), pois muitos terrenos ainda não estão edificados e a população ainda é reduzida.

Analisando os setores 9, 10, 12 e 13 (Figura 9), podemos observar que a predominância é de temperaturas mais elevadas que estão entre 30.0°C a 34.0°C. Isso ocorre devido ao grande número populacional da região que é ocupado em sua maior parte por moradia social. Os pontos de temperatura variável entre 25.0° C a 29.0°C dos mesmos setores ocorre devido a uma concentração da arborização representada por praças e áreas verdes.

A temperatura amena no setor 11 é devido a proximidade do plantio de eucalipto que ladeia todo o loteamento e por ser um bairro periférico, apresenta uma diferença de temperatura, como descrito por Lombardo (1985).

Outra análise que pôde ser feita na Figura 10 é possível observar que existe uma transição entre as áreas de temperaturas amenas e elevadas como se fosse um cinturão de forma a mesclar as temperaturas.

Os setores 4, 5 e 7 apresentam uma média de temperatura de 27,0°C sendo os setores com temperatura mais amena devido a área de cobertura vegetal.

A diferença de temperatura dentro nos setores 9, 10, 12 e 13 de 32.0°C para 27.0°C é devido a existência de áreas verdes como praças.

O levantamento em campo realizado com pontos aleatórios demonstrados na Figura 10 mostra uma variação de temperatura em torno de 34,4°C a 36,6°C, como demonstrado na tabela 5.

22°24'52.70"S 49°08'03.60"O

Figura 10. Pontos de levantamento de temperatura em campo.

Ponto	*Coordenada X*	*Coordenada Y*	*Temperatura (°C)*
1	22°25’02”	49°08’05”	34,4
2	22°25’26”	49°08’04”	35,6
3	22°24’49”	49°08’44”	36,8
4	22°24’43”	49°08’09”	35,8
5	22°24’19”	49°07’51”	35,2
6	22°25’50”	49°08’43”	36,6

Tabela 5. Levantamento com termo-higrômetro 21/11/2012.

Classe eucalipto

Na figura 11 podemos observar uma mancha na cor lilás com temperatura variável entre 20.0°C a 24.0°C, essa área corresponde ao cultivo de eucalipto, a temperatura amena é devido a utilização da incidência da luz solar pelas folas nos processos biológicos como, por exemplo, a fotossíntese.

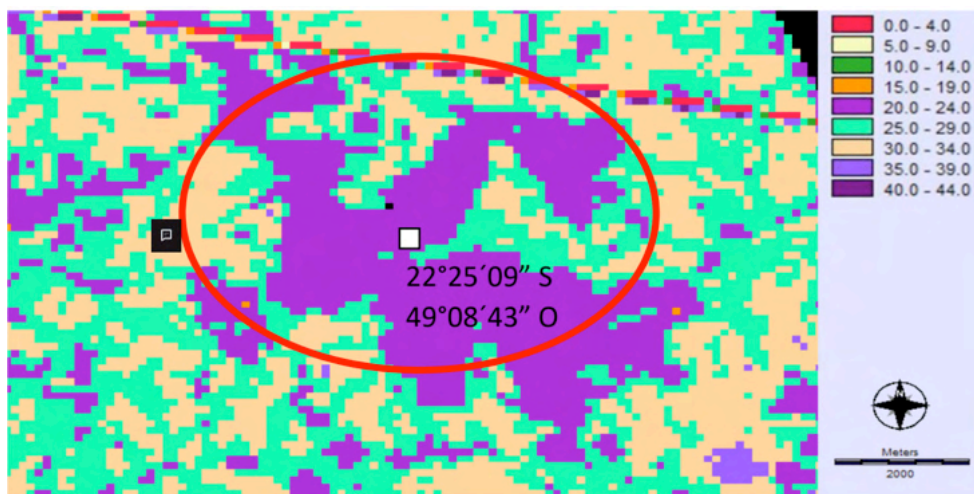



Figura 11. Ponto da classe eucalipto.

Classe mata nativa

A área de mata nativa representada pela cor lilás, na Figura 12, se mistura com a vegetação de cultivo de eucalipto por estarem próximas e apresentarem a mesma temperatura aparente. Essa igualdade de temperatura se deve a homogeneidade da vegetação que se encontra em estado tardio de regeneração, estando com o desempenho físico-químico em total desempenho há um maior aproveitamento da incidência de radiação solar, bem como na cultura de eucalipto que por possuir plantio uniforme e de mesma idade.

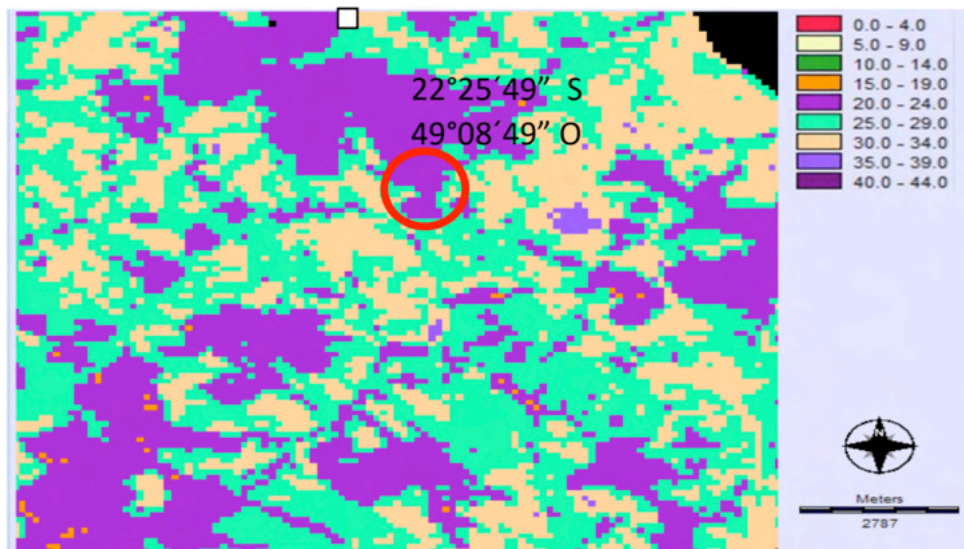



Figura 12. Ponto da classe mata nativa.

Classe solo exposto

Na Figura 13 podemos observar a mancha azulada que representa o solo exposto, com temperatura variável entre 35.0°C e 39.0°C, assim como no trabalho realizado por Mashiki (2012), que encontrou valores bem próximos ao citado numa área de solo exposto no Município de Botucatu.

Entre as classes estudas a classe cultivo de eucalipto e mata nativa apresentaram temperatura aparente amena em torno de 22.0°C e o solo exposto onde há maior temperatura aparente este valor apresenta uma média de 37.0°C.

22°24´37" S

49°07´18" O

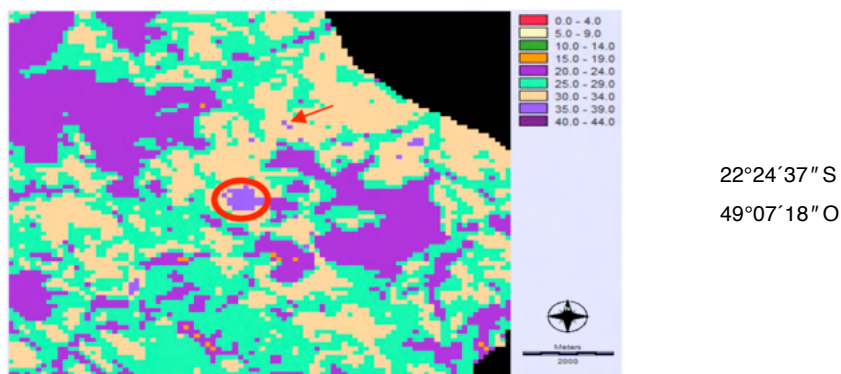



Figura 13. Detalhe da classe solo exposto.

Essa temperatura elevada é possível devida a falta de cobertura do solo o que proporciona um aquecimento rápido no período de exposição a radiação solar.

CONCLUSÕES

O sensoriamento remoto e o sistema de informação geográfica permitem a avaliação de diferentes temperaturas da superfície terrestre.

A área reduzida do Município e a baixa resolução do sensor utilizado dificultaram a análise de temperatura da área urbana sendo necessário o uso de outros programas para auxiliar na interpretação de dados.

A cobertura de vegetação na área urbana interfere diretamente na diminuição da temperatura melhorando o micro-clima urbano.

As diferentes coberturas da superfície analisada também interferem na temperatura aparente.

O governo municipal precisa planejar uma forma de ampliação da cobertura verde.

As altas temperaturas do levantamento em campo com termo-higrômetro na área urbana, em média de 35.0°C é devido ao clima que seco e a ausência de vento além da rugosidade e edificação da superfície.

Com as análises dos resultados recomenda-se que a área de cobertura vegetal seja aumentada e que de forma homogênea ocupe toda a malha urbana.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. L. B. dos S. de S. S. L.. Arvores e floresta urbana: condições que a cidade oferece. In: O valor das árvores: Arvore e floresta urbana de Lisboa. Tese (Doutorado em arquitetura Paisagista) – Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 2006. p. 5-45.

ALMEIDA, D. N. de. Analise da arborização urbana de cinco cidades da região Norte do Estado de Mato Grosso. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá – MT. 2009.

Brasília. Lei Federal n° 10257 de 10 de julho de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em 11 dez 2011.

CEPAGRI, Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. A CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KOEPPEN PARA O ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>, acesso em 13 jun 2013.

COLTRI, P.P. Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: Análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto. Piracicaba. 2006. 166p. Dissertação (Mestrado em Agronomina/Fitotecnia). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz/USP.

FERNANDES, N. M. S.; CAMPOS, S.; MOREIRA K. F.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; Análise do índice de cobertura vegetal da área urbana de Piratininga (SP), Revista Ciência Geográfica, Bauru, Vol. XV, Jan/Dez. Pág. 78 – 83, 2011.

JUNIOR, O. P. M. Arborização urbana e Qualidade de vida. 2009. Disponível em: <http://www.ida.org.br/artigos/37-meioambiente/57-arborizacaourbana?format=pdf> acesso em 12 abr 2011.

LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Editora Hucitec, 1985. 244p.

MASHIKI, M. Y.; Geoprocessamento na identificação de ilhas de calor e influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP. 2012. 80f. Dissertação (mestrado em Energia na Agricultura). Botucatu, 2013.

CAPÍTULO 10

GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA MORFOMETRIA DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DOS VEADOS – PIRATININGA – SP, VISANDO A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Andrea Cardador Felipe

Sérgio Campos

Nathalia Maria Salvadeo Fernandes Parizoto

Rafael Calore Nardini

Daniela Polizeli Traficante

RESUMO: O planejamento do uso do solo vem se tornando uma atividade muito importante no desenvolvimento agrícola e sócio-econômico, pois o uso inadequado e sem planejamento das terras provoca a baixa produtividade das culturas. Este trabalho objetivou a caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão do Veado – Piratininga (SP), afluente do Rio Batalha, visando o planejamento de práticas de conservação do solo na área, através de geoprocessamento. A microbacia com 1776 ha, situa-se entre as coordenadas geográficas 22$_o$ 23' 32" a 22$_o$ 26' 17" de latitude S e 49$_o$ 06' 34" a 49$_o$ 09' 45" de longitude W Gr. Foi utilizado como base cartográfica a Carta do Brasil (IBGE, 1973), em escala 1:50000. As variáveis dimensionais analisadas foram: maior comprimento (C), área (A) e perímetro (P) da microbacia e as do relevo: altitude média (Hm), amplitude altimétrica (Ha), declividade média (H), fator de forma (Ff), razão de relevo (Rr) e densidade de drenagem (Dd), medidas através de do Sistema de Informações Geográficas – Idrisi Java. Os resultados mostraram que a declividade média permitiu classificar o relevo como ondulado, provavelmente, devido ao substrato que tem alta permeabilidade com maior infiltração da água das chuvas e escoamento superficial da água, conservando o solo. O fator de forma (0,38) e a densidade de drenagem (1,66 km km^{-2}) permitiu concluir que provavelmente a microbacia não é sujeita a inundação, uma vez que o relevo apresenta grande influencia sobre os fatores hidrológicos. Portanto, o conhecimento da hidrografia e do relevo da área é de fundamental importancia na tomada de ações de planejamento e gestão na preservação futura.

PALAVRAS-CHAVE: Morfometria; Variáveis dimensionais; Variáveis de relevo.

GEOPROCESSING APPLIED IN MORPHOMETRIC OF THE RIBEIRÃO DO VEADO WATERSHED - PIRATININGA (SP), SEEKING THE CONSERVATION OF THE WATER RESOURCES

ABSTRACT: The planning of the soil use has been turned out to be a very important activity in the agricultural and socioeconomic development, because the inadequate use and without planning of the lands it causes low yield of the crops. This work aimed the morphometric characterizatiwon of the Ribeirão do Veado watershed - Piratininga (SP), tributary of the Rio Batalha, seeking the planning of conservation practices of the soil in the area, through geoprocessing. The watershed

with 1776 ha, is located in the geographical coordinates 22_o 23’ 32” to 22_o 26’ 17” of latitude S and 49_o 06’ 34” and 49_o 09’ 45” of longitude W Gr. It was used as cartographic base the Map of Brazil (IBGE, 1973), in scale 1:50000. The dimension variables analyzed were: larger length (C), area (A) and perimeter (P) of the watershed and the for the relief were: medium altitude (Hm), altimetric width (Ha), medium steepness (H), form factor (Ff), relief reason (Rr) and drainage density (Dd), measured through the System of Geographical Information - Idrisi Java. The results showed that the medium steepness allowed classifying the relief as wavy, probably, due to the substratum that has high permeability with larger rain water infiltration and superficial drainage of the water, conserving the soil. The form factor (0.38) and the drainage density (1.66 km km^{-2}) allowed to conclude that probably the watershed is not subject the flood, once the relief presents high influence on the hydrological factors. Therefore, the knowledge of the area hydrology and relief is of fundamental importance in the decision taking of planning actions and administration in the future preservation.
KEYWORDS: morphometric; dimensional variables; relief variables.

INTRODUCTION

To the extent that the humanity uses more the nature to satisfy its necessities, greater is the risk of compromising in a violent way the environment. Drastic changes and environmental imbalances reverberate worldwide and impair the quality of life of people. Considering this, the environmental, social and cultural studies are necessary to a better planning and management of the areas (NARDIN, 2005).

The watershed is an ideal unit for the integrated planning of natural resources management of the environment, allowing a better harnessing, both in water terms as well as social-economic, seeking specially the environmental sustainability with yield and quality of life to its users (TUNDISI, et al., 2008). This is nominated as an area of natural catchment of rain water by many topographic and groundwater dividers, drained by a drainage system that flows into the ocean (LIMA, 2006; RODRIGUES, 2008).

The physical, socio-economi c and environmental deterioration is today a constant reality in the watersheds and, as consequence, the nature answers with erosions, droughts, floods, disease and misery. Therefore, it is advisable to study the watersheds to recover or at least ease the environmental problems, besides of being perfect for the production, conservation, management and more detailed studies of several factors involving water, soil, vegetation, animals, biodiversity and the sustainable forestry production (RODRIGUES, 2003).

There is the necessity of thinking in terms of sustainable development, which is recommended by the Legislation on Water Resources and by the scientific community, using an integrated approach, involving the drainage basin and the concept of ecosystem, for the planning and management of these unities of work (PEIXOTO, 2002).

The law nº 9.433 of the National system of Water Resources, of January 8th of 1997, instituted the National Policy of Water Resources (PNRH) and created the National System of Water Resources Management (SINGRH) in Brazil, the same establishes the watersheds as physical-territorial units for the planning of water resources and that the administration of these must account with the participation of the Public Power, of the users and of the communities (BRASIL, 1997).

Besides this, the morphometry of the watershed and the characterization of the riparian zone are other important tools of diagnosis of the susceptibility to environmental degradation. Its morphometry analysis, is in the fact of enabling through graphic representations the main characteristics of determined areas from a series of quantitative parameters, such as slope, topographic gradient and altimetry, besides the hydrographical parameters, such as fluvial magnitude, canals length, pattern and drainage density (RODRIGUES, 2000).

The same author associates the morphometric analysis with the relief of the watershed, obtaining the result of a geomorphological formation process throughout time and space. The landscape formation, types of vegetation and hydrological behavior of the watershed have direct relation with the different land slopes, features, shapes and types of relief. Thus, this must be understood as an indispensable natural resource for an adequate environmental administration (SUERTEGARAY, 2002 apud NARDIN, 2005).

The aim of this study was to analyze the hydrography and the relief of the Ribeirão do Veado watershed – Piratininga (SP), seeking the conservation of natural resources.

MATERIAL AND METHODS

Localization of the watershed

The Ribeirão do Veado microbasin belongs to the Tietê/Batalha hydrographic basin, located in the municipality of Piratininga-SP, whose area is of 17.76 km2, and its streams flow into Rio Batalha.

Based on the Map of Brazil of the municipality of Bauru, edited by IBGE (1970), in a scale of 1:50000 (Folha – SF-22-Z-B-I-4), it was identified the microbasin (Figure 1), through its watersheds, reproducing in polyester film Terkron D – 50u the 20 in 20 meters curves of equidistant levels, corresponding to the studied microbasin, for determination of the dimensional variables and the drainage pattern to the analysis. To HORTON (1945), the junction of two tributaries of first order (w1) originates a segment of second order (w2), and the union of these a segment of third order (w3), it is concluded that the Córrego do Veado is of fourth order of ramification (w4).

The dimensional parameters studied were (HORTON, 1945): area (A) and perimeter

(P) and larger length (LL), and the for the relief were (LIMA, 1986): medium altitude (Hm), altimetric width (Ha), medium steepness (H), form factor (Ff), relief reason (Rr) and drainage density (Dd), determined through the System of Geographical Information - Idrisi Java.

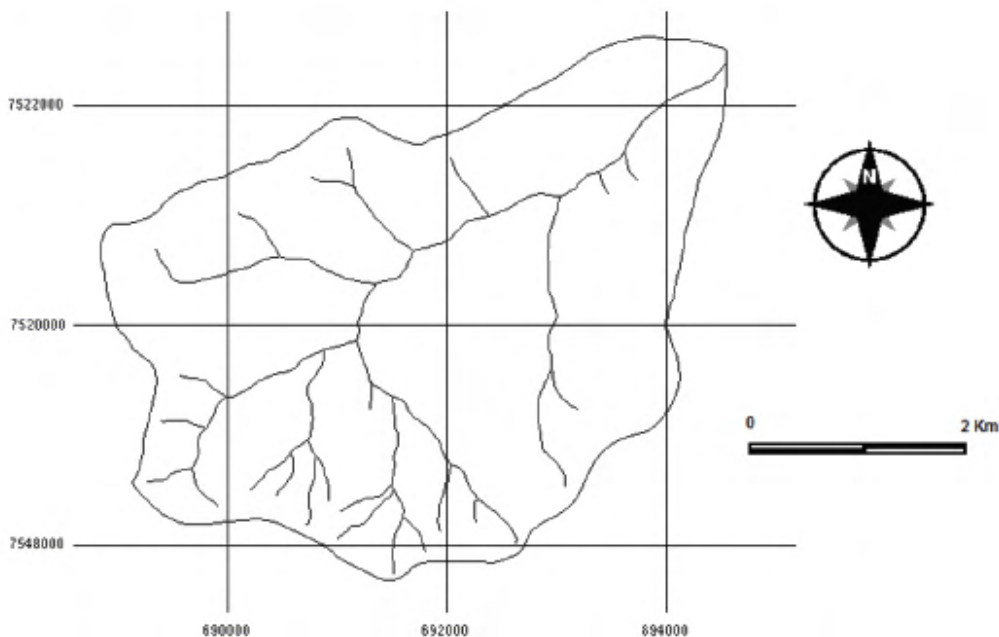



Figure 1. Hydrographic net of the Ribeirão do Veado microbasin – Piratininga (SP).

The medium altitude of the microbasin (Hm) was obtained through the arithmetic average between the values of higher altitude (AM) observed in the headwaters and of the lower altitude (Am) in the mouth (MOREIRA, 2007).

$$Amd = \frac{(AM + Am)}{2}$$

Where:

Hm = medium altitude in m;

AM = higher altitude in m;

Am = lower altitude in m.

The altimetric amplitude (H) is the difference between the higher and lower altitude of the microbasin and is expressed in meters, according to the expression:

$$H = AM - Am$$

Where:

H = altimetric amplitude in m;

AM = higher altitude in m;

Am = lower altitude in m.

The slope of a hydrographic microbasin has relation with several processes, such as the hydrological, the surface runoff, infiltration, soil moisture and time of concentration of water in the drainage canals. The average slope was calculated by the equation (MOREIRA, 2007):

$$D\% = \frac{\sum Ca.\Delta h)}{A} * 100$$

Where:

D% = average slope in %;

Σ Cn = sum of the length of curves of level in km;

ΔH = equidistance between the elevations in km;

A = area of the microbasin in km_2.

The form factor of the microbasin (Ff) was used through the equation: = A / C2, where A is the area in km2 and C the length in km. Generally the microbasins are pear shaped, but can have other shapes, which depends of the interaction between eather, geology and others. The surface of the microbasin is always concave, which determined the direction of the flux of water.

$$Ff = \frac{A}{C^2}$$

Where:

Ff = form factor;

A = area of the microbasin in km²;

C = Length in km.

Therefore as closer of a (1.0) is the form factor, closer to the circular shape, and consequently there are greater chances of a flood in the microbasin (LIMA, 2006).

The ratio of the relief indicated the general slope or total slope of the microbasin

surface (Table 1).

$$Rr = \frac{H}{C.100}$$

Where:

Rr = ratio of the relief

H = altimetric amplitude in m;

C = wider length of the microbasin in m.

Corresponds to the relation between the total length of the rivers in the microbasin limits, and its area, thus providing an indication of the efficiency of the microbasin drainage (CARDOSO, 2006).

$$Dd = \frac{Cr}{A}$$

Where:

Cr = Length of all rivers in Km

A = microbasin area in km_2

Dd = Drainage density

As for the drainage density, the microbasins can be classified according to Table 2.

Sloe (%)	Type of relief
0 – 3	Plain
3 – 8	Smooth wavy
8 – 20	Wavy
20 – 45	Strongly wavy
45 – 75	Mountainous
> 75	Steep

Table 1. Classes of slopes and types of relief of the Ribeirão do Veado watershed – Piratininga (SP), according to EMBRAPA (1991).

Dd (km km^{-2})	Classification
< 5.0	Low
5.0 – 13.5	Medium
13.5 – 15.5	High
> 15.5	Very High

Table 2. Classification of drainage density (Dd) of the Ribeirão do Veado watershed – Piratininga (SP), according to STRAHLER (1957).

RESULTS AND DISCUSSION

Morfometric analysis

The measurement of the microbasin area is a very important parameter, because this variable has correlations with several other morphometric parameters of the microbasin, besides of its importance for the calculation of the water balance. The perimeter was determined after the delimitation of the contour of the microbasin in the cartographic base, resulting in 17.34 km.

The characteristics of the microbasin relief (Table 3) show that the higher and the lower altitude of the microbasin, are 620 m and 480 m, respectively, with an average altitude of 550 m and the altimetric amplitude is 140 m.

This amplitude related with the higher length of the microbasin, which corresponds in the direction to the main valley, at 6.750.00 m, results in a relief ratio of 0.0207. According to STRAHLER (1957), the relief ratio indicates a total slope of 2.0% or general slope in direction of the main valley of the microbasin.

As stated by RODRIGUES (2003), as higher is the altimetric amplitude, greater will be the relief ratio and consequently greater is going to be the erosive process. Therefore, the microbasin in study does not present erosive process.

According to RODRIGUES (2008), the value of the form factor (Ff) varies from 0 to 1 and the studied microbasin presented an Ff of 0.38, considered low, this demonstrates that it possess a less elongated shaped, consequently, less chances of floods.

The density of the drainage was 1.66 km km-2, according to STHRALER (1957), can be classified as low, this signifies a microbasin with greater capacity of infiltration, resistant rocks, permeable soil, smooth relief, being less susceptible to degradation (HORTON, 1945).

The average slope is one of the main factors which regulates the time of duration and speed of surface runoff, and the time of rain water concentration in the main canal. Starting from the value found in each level curve, it was elaborated a table which served as base

for the generation of slope classes, according to the Brazilian System of Soils Classification (EMBRAPA, 1999), (Table 4).

The average slope (D%) of the microbasin was calculated in 10.13%, therefore, considered medium, being among the slope class of (8-20%) with a type of wavy relief, with an area of 54.62% which corresponds to 9.7 km2 (Figure 2).

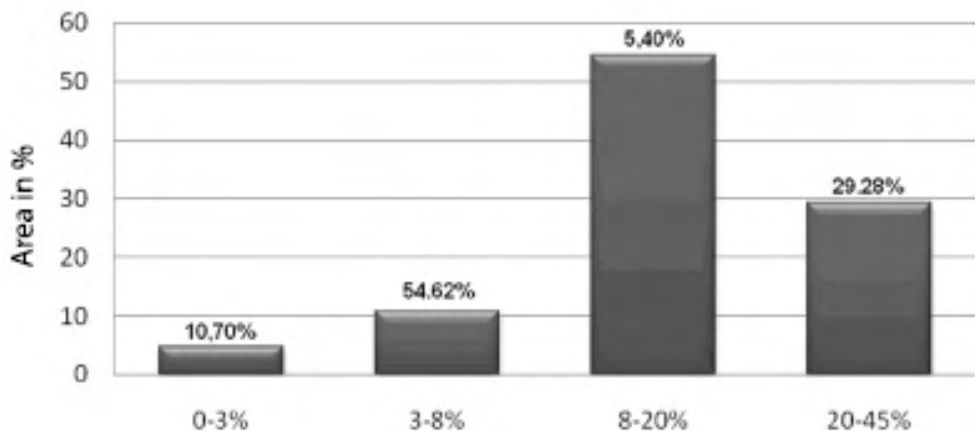



Figure 2. Slope Classes (%) of the Riberião do Veado watershed – Piratininga (SP).

A km²	P km	D (%)	Dd km/km⁻²	H m	Ff	Rr	W	Hm
17.76	17.34	10.13	1.66	140	0.38	0.0207	4ª	3.08

Obs: A - area, P - perimeter, D – medium slopea, Dd – drainage density, H - altimetric amplitude, Ff – form factor, Rr – Relief ratio, W – order and Hm – average altitude.

Table 3. Morphometry of the Ribeirão do Veado watershed – Piratininga (SP).

Slope Classes	Area (km²)	%Area	Type of relief
0-3%	0.96	5.40	Plain
3-8%	1.90	10.70	Smooth wavy
8-20%	9.70	54.62	Wavy
20-45%	5.20	29.28	Strongly wavy
Total	17.76	100	

Table 4. Classes of slope and type of relief of the Riberião do Veado watershed – Piratininga (SP).

CONCLUSIONS

The average slope of 10.13% according to the classes of slope and types of relief

of the microbasin was classified was wavy. This slope allows inferring that the substrate has high permeability with greater rain water infiltration and surface runoff of the water, conserving the soil, being it susceptible for agriculture. The form factor of 0.38% and the drainage density of 1.66 km km-2, both considered medium, allowed concluding that the microbasin probably will not flood, once the relief of a hydrographical microbasin has great influence on the hydrological factors. The Ribeirão do Veado watershed is of fourth order of ramification according to the classification system of rivers and present a drainage system with 26 segments of rivers of 1ª order; 08 of 2ª; 02 of 3ª and 01 segment of 4ª order.

In this way, it is concluded to be fundamental the knowledge of the microbasin as conservation management practice, implanting a preservation action, since the activities developed in its interior have influence on the quantity and quality of the water, also taking in consideration the preservation of the APP, around the springs which serve as auxiliary to the planning and management of the area.

REFERENCES

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Leis/ L9433.htm>. Acesso em: 01 out. 2012.

CARDOSO, C.A. et al. Caracterização morfometrica da Bacia Hidrográfica do rio Debossan, Nova Freeburgo, RJ. Rev. Arvore, Viçosa, v.30, n.2, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo. php?script=sci_ arttext&pid=s0100-67622006000200011&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 11 jan. 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de dolos. Sistema brasileiro de classificacao de solos. Embrapa: Brasília, 1999.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins hidrophysical approach to quantitative morphology. Bull. Geol. Soc. Am., v.56, n.03, p. 275 - 330. 1945.

LIMA, V. P. Introdução ao Manejo de Bacias Hidrográficas. São Paulo: ESALQ – Departamento de Ciências Florestais, 2006. 105p.

MOREIRA, L. Análise Morfométrica e Biodiversidade da vegetação na Microbacia Hidrográfica da Fazenda Experimental Edgárdia.Tese (Mestrado) - UNESP-FCA. Botucatu: UNESP-FCA, 2007. 73f.

NARDIN, D.D.; ROBAINA, L.E.S. Mapeamento de unidades do relevo no oeste do RS: o caso da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu. Rio Grande do Sul: In: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, p.3576-3588. Disponível em: www.ufsm.br. Acesso em: 25 fev. 2009.

PEIXOTO, P. P. P. Bases para aproveitamento e gerenciamento de recursos hídricos na região de Dourados- MS. Botucatu: UNESP/FCA, 2002. 88p.

RODRIGUES, V.A.A educação ambiental na trilha. Botucatu: UNESP-FCA, 2000. 79p.

RODRIGUES, V.A.; RUA, D.R. Workshop em Manejo de bacias hidrográficas. Botucatu: UNESP-FCA-DRN, 2003. CD ROM.

RODRIGUES, V. A. Apostila de microbacia hidrográfica. Material didático para o 5º ano do Curso de Engenharia Florestal. Botucatu: UNESP- FCA, 2008. 91p.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. Geophys. Union, v.38, p.913-920, 1957.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D. C.; LUZIA, A. P.; HAELING, P. H. V.; FROLLINI, E. H. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. Estudos avançados, v.22, n.63, 2008. Disponível em: www.scielo.br. Acesso em: 17 set. 2011.

SOBRE OS ORGANIZADORES

MARCELO CAMPOS - Possui graduação em Licenciatura Plena e Bacharelado em Física, respectivamente em 2006 e 2007 pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde também concluiu o Mestrado em Física (2009) e Doutorado em Ciências (2013). Realizou Pós-Doutorado na Embrapa Instrumentação, São Carlos-SP em 2014 e atualmente é Professor Doutor na Faculdade de Ciências e Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Tupã, desde janeiro de 2015.

SÉRGIO CAMPOS - Possui graduação em Agronomia em 1977 pela Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu – FCMBB, atualmente Universidade Estadual Paulista – UNESP, Especialização em 1980 pela Univers0idade Estadual Paulista/UNESP, mestrado e doutorado em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, respectivamente em 1985 e 1995, Livre-Docência em 1997 pela Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu. Atualmente é Professor Titular da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, desde 2010.

AMANDA DOS SANTOS NEGRETI CAMPOS - Possui graduação em Administração de Empresas, em 2009, pelo Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Campus de Araçatuba/SP. Especialização em MBA Gestão Empresarial, em 2013, pela Universidade Paulista de Araçatuba/SP. Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento, em 2016, pela Universidade Estadual do Estado de São Paulo (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã/SP. Atualmente, é aluna regular de doutorado do Programa de Pós Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento, Universidade Estadual do Estado de São Paulo (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã/SP. Atua como coordenadora e professora do curso de Administração de Empresas da Faculdade União Cultural do Estado de São Paulo (UCESP), em Araçatuba/SP.